



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **MOOTTORISOLUN MATERIAALIVIRTAUKSEN KEHITTÄMINEN TUOTANTOLINJALLA**

Tiia Rivinoja

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikka



# TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikka

RIVINOJA, TIIA:

Moottorisolun materiaalivirtauksen kehittäminen tuotantolinjalla

Opinnäytetyö 65 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Marraskuu 2016

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli Metso Minerals Oy:n Seulatrack-linjaston moottorisolun kehittäminen. Moottorisoluun ollaan suunnittelemassa uutta moottorimallia, jonka huomioiminen tässä työssä oli keskeisesti mukana. Yhtenä tärkeänä tavoitteena oli varusteluruudun parempi hyödyntäminen ja varaston toimivuuden tehostaminen.

Insinööritö perustuu Lean-ajatteluun, jonka pohjalta tehtiin yleisiä parannuksia moottorisolussa. Työ suoritettiin tiiviissä yhteistyössä solun työntekijöiden kanssa, ja tavoitteena oli saada valmiiksi suunnitelma, jota voidaan hyödyntää muillakin linjoilla. Jatkoa varten valmisteltiin mahdollisia kehitysehdotuksia, joiden mukaisesti moottorisolua voidaan vielä jatkossa tehostaa.

Opinnäytetyö on kvalitatiiviseen tutkimukseen perustuva kehittämisprosessi, jonka tavoitteeksi asetettiin pääpiirteittäin näkyvä linjan kehittämisen analysointi ja uuden moottorimallin huomioiminen mahdollisissa muutostoimenpiteissä. Näkyviä muutoksia tehtiin varastoon ja settilavoille. Materiaalivirtauksen kehittämiseksi oli huomioitava useampia kehityskohteita taustalla.

Ongelmakohtien kartoittamiseksi työ aloitettiin nykytilaselvityksellä, jossa tuntidataa verrattiin eri vaiheille suunniteltuihin töihin. Nykytila-analyysin pohjalta tehtiin tavoitetilamääritys sekä mietittiin tarvittavia toimenpiteitä sen toteuttamiseksi. Projektissa opinnäytetyön laatija pystyi hyödyntämään aiempaa asentajan kokemusta kyseisellä linjalla.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Production Engineering

RIVINOJA, TIIA:

Development of Material Flow in the Production Line

Bachelor's thesis 65 pages, appendices 4 pages  
November 2016

---

This thesis was made for Metso Minerals Ltd. The goal was to develop the material flow in the company's engine module production. A new engine model for the engine module line was being designed at the time this thesis was written, which added a further central element to the study. During the process the most important project was to create a more efficient line.

This thesis is based on Lean-methodology. To improve the material flow, changes needed to be made in the storage and to the pallets that are delivered in sets. Storage was planned to follow the visual control in accordance with the layout. With the visual control it was easier to focus on the First in, First out-principle. The work was performed in close co-operation with the line workers and logistics handler.

The objective was to analyze the development and design of taking the new engine model to the line. Visible changes were made to the storage and pallets. Potential development proposals were made for the future, pursuing the further enhancements of the engine module line. This thesis was qualitative research process.

To solve the problems in production, work was started with an analysis of the current state. Hourly data was compared with the phases planned for the assembly line. Determination of the target state was made after the analysis. To achieve a more efficient line, necessary operations were planned which were based on the author's work experience in the engine module line.

---

Key words: material flow, lean, JIT, FiFo, development

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	METSO OY.....	8
2.1	Metso Minerals Oy, Hatanpää .....	9
2.1.1	Historia.....	9
2.1.2	Keskeisimmät tuotteet.....	11
2.2	Metso Minerals Oy:n markkinat ja asiakkaat .....	13
3	TEORIA .....	15
3.1	Lean .....	15
3.1.1	JIT .....	17
3.1.2	Jidoka .....	19
3.1.3	5S .....	19
3.1.4	7 hukkaa .....	21
3.1.5	Kanban .....	23
3.2	Materiaalivirtaus .....	24
3.3	Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus .....	24
3.4	Juurisyys.....	26
4	LÄHTÖKOHDAT.....	28
4.1	Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset.....	28
4.2	Nykytilaselvitys .....	28
4.2.1	Läpimenoaika.....	29
4.2.2	Pullonkaulat moottorisolussa .....	30
4.2.3	Poikkeamat.....	31
4.2.4	Settilavat.....	36
4.2.5	Hyllyyn varastointi.....	37
4.2.6	Vaiheistus .....	38
4.3	Materiaalien hallinta .....	40
4.3.1	Hyllyynkanto.....	41
4.3.2	Backflush ja MRP .....	41
4.3.3	Visuaalinen ohjaus .....	42
4.4	Tier 4 Final.....	42
4.5	Työntekijöiden haastattelu alkupalaverissa .....	44
5	TULOKSET .....	45
5.1	Varastointi.....	45
5.1.1	Hyllyt .....	46
5.1.2	Lavat.....	47
5.2	Varustelu .....	51

5.3 Työvaiheiden suunnittelu.....	53
6 KEHITYSEHDOTUKSIA .....	55
6.1 Muutoksia linjalle .....	55
6.2 Layout .....	56
6.3 Settilavat ja päävarasto .....	57
7 YHTEENVETO JA POHDINTA .....	58
LÄHTEET.....	60
LIITTEET .....	62
Liite 1. Moottorisolun vaiheet layoutin mukaisesti (Metso Minerals Oy) .....	62
Liite 2. Nykyinen layout.....	63
Liite 3. Layout -ehdotus 1 .....	64
Liite 4. Layout -ehdotus 2 .....	65

## ERITYISSANASTO

Aton	Metson käyttämä datatietojärjestelmä.
C4.4	tilavuudeltaan 4.4 litrainen Diesel- moottorimalli.
ECR	Efficient Consumer Response. Suunnittelun muutospyyntö.
FiFo	First-in-first-out. Ensiksi hankittu tuote käytetään ensin. Käytetään varastojen läpivirtauksen määrittelyssä.
HD ja IC	Erilaisia optioita eli lisävarusteita konemalleille.
JIT	Just-in-Time. Lean- ajattelumalli prosessin kehittämiseksi
Layout	Termi tarkoittaa linjan tai tehtaan sisällön sijoittelua esimerkiksi koneiden tai varaston sijoittelua.
Logistiikka	Materiaalivirtojen toteuttamisen organisointi sekä niiden toteuttaminen.
MES	Manufacturing Executio System; tuotannonohjausjärjestelmä.
SAP	System Application & Product; toiminnanohjausjärjestelmä.
Settilava	Valmiiksi koottu lava, joka sisältää suoraan työlle tuotavia osia.
Solu	Itsenäinen työpiste linjalla.
ST	Liikuteltava tela-alustainen seulayksikkö.
SWOT	Strength= vahvuus, Weakness= heikkous, Opportunity= mahdollisuus, Threat= Uhka. Nelikenttäanalyysi
T4F	Tier 4 Final, päästöluokitus.

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää satavuotisen uran omaavan Metso Minerals Oy:n yhtä tuotantolinjan osaa. Metso on kehittynyt höyryveturivalmistajasta maailman kattavimman murskauslaitteiden valikoiman tarjoavaksi yritykseksi. Tarkoituksena on saada yrityksen SeulaTrack-linjalla sijaitsevan moottorisolun toiminta tehokkaammaksi tinkimättä laadusta tai turvallisuudesta.

Moottorisolun toimintaa on kehitetty viimeisen vuoden aikana vauhdikkaasti. Materiaalivirtauksen kehittäminen jäi viimeistelemättä, joten opinnäytetyön tarkoitus on jatkaa siitä, mihin solussa jäätiin. Kehittäminen vaatii jatkossa tarkempaa suunnittelua vaiheistamisen kanssa, joka on yksi opinnäytetyön projekteista.

Linjalle istutetaan vuoden sisään uusi moottorimalli C4.4 T4F, joka on uusi 4.4 litrainen diesel-moottorimalli. Se kattaa uusimman päästöluokituksen Tier 4 Final. Moottori on työläämpi kuin yksikään tämänhetkisistä konemalleista. Moottorimallin vaiheiden suunnittelu tulee ottaa huomioon nykyisten työvaiheiden uudistamisessa, ja yksi päätavoitteista on saada materiaalivirtaus mahdollisimman järkeväksi.

Vuosien varrella Lean- ajatusmalli on otettu osaksi yrityksen toimintaa. Se on keskeisenä lähtökohtana koko opinnäytetyöprosessin ajan. Teoria osuudessa käsitellään Lean-periaatetta, sekä Metsolla näkyviä Lean-filosofian osia. Lean-ajatteluun pohjautuen linjalle etsitään tehokkaampia ja virtaavampia ratkaisuja. Varaston hyödyntäminen ja valmiiden osakokoonpano-komponenttien tuominen linjan läheisyyteen on yksi työn tarkoituksia.

Tämän hetkinen ongelma on epätasainen virtaus eli tuotteet eivät valmistu systemaattisesti. Nykytilaselvityksen pohjalta analysoidaan tarvittavia muutoksia sekä tehdään mahdollisia kehityssuunnitelmia jatkoa varten. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää materiaalivirtaukselle suunnitelma, joka parantaa läpimenoaikoja vaiheittain. Tutkimusta ja muutoksia tehdään yhteistyössä moottorisolun asentajien sekä logistiikan kanssa. Yksi suurimpia tavoitteita on tasapainottaa asemat moottorimoduulin variaatiosta riippumatta. Tutkimustyötä ja nykytilaselvitystä tehdään haastattelujen sekä erilaisen kirjallisuuden avulla.

## 2 METSO OY

Kiinan teollisuuden kanssa kovaa kilpailua käyvä Metso on energiatehokkaan hienonnuksen edelläkävijä ja toimittaa luotettavia sekä kestäviä tuotteita. Yritys toimii läheisessä yhteistyössä asiakkaidensa kanssa. Metson asiakaskunta ulottuu ympäri maailmaa, ja yritys on satavuotisella taipaleellaan ehtinyt valmistaa hyvin erilaisia tuotteita konepaja- ja terästeollisuudessa.

Vaikeidenkin aikojen vallitessa Metso on säilyttänyt asemansa markkinoilla kilpailukykyisenä yrityksenä, ja ollut alansa kärkipäässä kautta aikojen. Intiassa on toiminnaltaan konsernin suurin toimipiste. Metso työllistää noin 16000 työntekijää 50 eri maassa. Laaja kansainvälinen toiminta tarkoittaa myös laajaa osaamiskenttää. Kuvassa 1 on tämän hetkinen Metson logo.



KUVA 1. Metson logo (Kuva: Metso 2016)

Terveys-, turvallisuus -ja ympäristöasiat ovat keskeinen osa yrityksen toimintaa, joista myös jokainen työntekijä on vastuussa. Metso jakautuu kolmeen liiketoimintamalliin, jotka ovat Minerals, Services ja Flow Control. (Kähkönen 2016.) Metson osakkeet voidaan nähdä listattuna NASDAQ OMX Helsinki Oy:ssä. (Tervetuloa taloon 2015). Alla olevaan kuvioon 1 on merkitty liikevaihdon jakautuminen asiakasteollisuuksittain ja kuviosta 2 voidaan tulkita jakaumaa markkina-alueittain.

Liikevaihto asiakasteollisuuksittain



KUVIO 1. Metson liikevaihto teollisuuksittain 2015. (Kuvio: Metso 2016)



Liikevaihto markkina-alueittain



KUVIO 2. Metson liikevaihto maantieteellisesti 2015. (Kuvio: Metso 2016)

Kuviosta 2 voidaan nähdä, että liikevaihto on suurinta Euroopan alueella. Yksi tärkeimmistä toiminnoista on huoltotoiminta, joka kattaa kulutusosat, varaosat sekä huoltopalvelun. Vuonna 2015 Metso Oy:n liikevaihto oli 2.92 miljardia euroa.

## 2.1 Metso Minerals Oy, Hatanpää

Metso Minerals Oy tarjoaa kaivosasiakkaille mineraalienkäsittelyjärjestelmiä, ja kivenmurskausasiakkaille murskaus- ja seulontalaitteita. Tampereelta toimitetaan noin 800 murska- ja seulatuotetta vuodessa, ja yksikkö on yksi tärkeimmistä osaamiskeskuksista Metso-konsernissa. Vuoden 2015 vuosikatsauksen mukaan kivenmurskaus kattoi 24% liikevaihdosta. (Metso 2015.)

### 2.1.1 Historia

Satavuotisella historiallaan Lokomonkadulla Tampereella on ehditty valmistamaan monenlaisia tuotteita. Ensimmäinen yrityksessä valmistettu höyryveturi löytyy kunnostettuna yrityksen porteilta edelleen, joka nähdään alla olevassa kuvassa 2. Vuonna 1916 valmistuivat Lokomon tehdasrakennukset, jotka silloin olivat erillinen konepaja ja valimo.



KUVA 2. Kunnostettu höyryveturi 575 (Kuva: Tiia Rivinoja)

Sotien aikaan Metso toimi ympärivuorokautisesti ja huolsi aseita sekä vaunuja. Muita vaikuttavia tuotteita historiassa ovat olleet alasimet ja sukelluspallot. Lokomon pihassa on esillä yksi sukelluspallo vanhan teräsvalimon edustalla kuvassa 3.



KUVA 3. Sukelluspallo (Kuva: Tiia Rivinoja)

Useasti muuttuneet omistussuhteet ja yhtiön nimi saivat nykyisen nimen Metso Oy 1990-luvun lopussa, kun Repola Oy ja Valmet Oy yhdistyivät. Hatanpään toimipisteessä jatkoi Metso Minerals ja teräsvalimo Metso Lokomo Steels. (Törmä 2015, 203.) Vuonna 2015 Metso myi teräsvalimonsa TEVO:lle, jonka toiminta jatkuu vanhoissa tiloissa Hatanpään tehdasalueella. (Tervetuloa taloon 2015.)

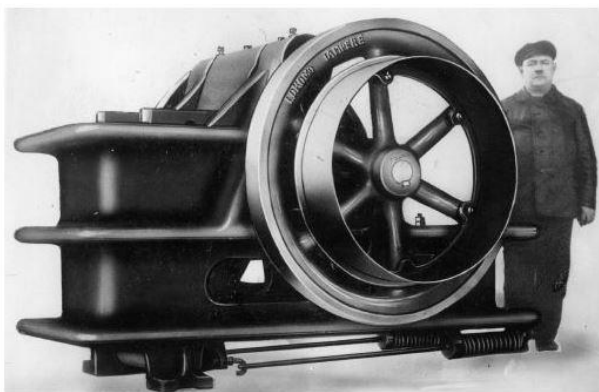
Seulojen tuotanto siirtyi Irlannista Tampereelle kuusi vuotta sitten, kun Metso halusi keskittää kaikki liikuteltavat yksiköt samaan toimipisteeseen. Liikuteltavia yksiköitä eli tela-alustaisia ratkaisuja, on valmistettu vuodesta 1985, ja niistä on myyty monia erilaisia kokonaisuuksia. (Törmä 2015, 179.) Kuvassa 4 nähdään yksi yrityksen valmistamista liikuteltavista seulamalleista.



KUVA 4. ST 2.8 konemalli (Kuva: Metso 2016)

### 2.1.2 Keskeisimmät tuotteet

Ensimmäiset leukamurskaimet Metsolla tehtiin vuonna 1921 (kuva 5), josta mallia on pyritty kehittämään aina tähän päivään saakka (kuva 6). Nordberg C -sarjan murskaimet ovat kovimmille syöttömateriaaleille suunniteltuja malleja. Murskainten valmistamisen lisäksi suunnittelu, hallinta ja tuotetuki kuuluvat Metsolle.



KUVA 5. Ensimmäinen valmistettu leukamurskain 1921 (Kuva: Metso Media Bank)



KUVA 6. Nordberg -sarjan C150 leukamurskain 2016 (Kuva: Metso Media Bank)

Valmistustoiminnassa työskentelee noin 300 työntekijää, ja pyrkimys on saada kolme konetta valmistumaan päivän aikana. Noin 65% myytävistä tuotteista on Lokotrack-murskia ja loput 35% mobiiliseuloja. Kivenmurskainten lisäksi tehdään liikuteltavia murskaimia ja mobiiliseuloja, jotka ovat Lokotrack yksiköitä ja liikkuvat teloilla. Liikuteltavia yksiköitä on toimitettu maailmalle tähän mennessä yli 10 000 kappaletta eri kokoisina ratkaisuin.

Kuvassa 7 nähdään murskauslaitos LT, jossa yhdistyy murskain ja seula. Tuotannon ja suunnittelun lisäksi Lokomonkadulla on tutkimus- ja kivilaboratorio, jossa tutkitaan koneiden suorituskykyä eri materiaaleilla, ja asiakkaiden eri kivilajeja.



KUVA 7. LT1213S- mallin murskauslaitos (Kuva: Metso Media Bank)

Murskaintyyppejä ovat kara- ja leukamurskaimet, joissa materiaalina käytetään valuterästä. Kulutusosat ovat mangaaniterästä. Leukamurskaimet, joita Tampereella valmistetaan noin kymmentä eri mallia, toimivat esimurskaimina. Karamurskaimet puolestaan ovat joko väli- tai jälkimurskaimia, joilla mineraaleja saadaan käsiteltyä halutun kokoisiksi.

Seulayksiköt seulovat maa- ja kierrätysmateriaaleja, joihin on mahdollista yhdistää optioina (lisävarusteina) esimerkiksi magneettierottimia. Magneettierottimilla pystytään poistamaan kivimateriaaleista erilaiset metallit. Seulan eri verkkotasot pystyvät lajittelemaan kiviainesta koon perusteella. Koneen käyttöikä oikein käytettynä on useita kymmeniä vuosia. (Tervetuloa taloon 2015.)

## **2.2 Metso Minerals Oy:n markkinat ja asiakkaat**

Metso on myynyt tuhansia tela-alustaisia tuotteita, ja pyrkii koko ajan valmistamaan pienempiä mutta tehokkaampia kokonaisuuksia. Tuotteiden hinnat ja käyttökustannukset kulkevat markkinoiden mukana, mutta energiatehokkuudella pystytään kilpailemaan halvempia tuotteita vastaan. Asiakkaina toimivat kaivokset, urakoitsijat ja metallinkierrätys. Asiakaskunta ulottuu ympäri maailmaa, ja Metso on pyrkinyt järjestämään aina asiakasmaahansa tuotannontuki-yksikön. Suurimmat kustannukset asiakkaille tulee polttoaineista. (Tervetuloa taloon 2015.)

Metson nimeä markkinoilla nostaa laadukas tutkimus- ja tuotekehitys. Tutkimuslaboratoriossa on tutkittu 4000 erilaista kiviäytettä ympäri maailmaa. Laboratoriossa analysoidaan kiven kovuutta, murskattavuutta ja koneenosien kuluttavuutta. Tutkimukset ovat tärkeitä tuotekehityksen kannalta, kun suunnitellaan tulevaisuuden kilpailukykyä. Markkinoilla ollaan vahvoilla myös tuotteiden helpon käytön ansiosta.

Seulojen valmistuksessa Metso on vielä pieni tekijä, mutta isoissa koneissa yritys on markkinajohtaja. Mobiiliseulojen kokoonpanolinja uudistettiin 2012, ja siellä optimoidaan koko ajan tuotannon läpimenoaikaa. Markkinoilla vahvana perustana on toiminut Metson simulointityökalu sekä liiketoimintalinja, joka kattaa myynnin tuen, tuotehallinnan ja tuotekehityksen uusille- sekä käytössä oleville koneille.

Lean- ajatusmalli otettiin käyttöön Tampereella vuonna 2013, jonka jälkeen toimintaa on sen periaatteiden mukaisesti pyritty jatkuvasti kehittämään. Tulevaisuutta arvioiden on huomioitava asiakkaiden liiketoiminnan kannattavuus, talouskehitys sekä yleinen markkinatilanne. (Tervetuloa taloon. 2015). Kaivoslaitteiden myynti on laskenut

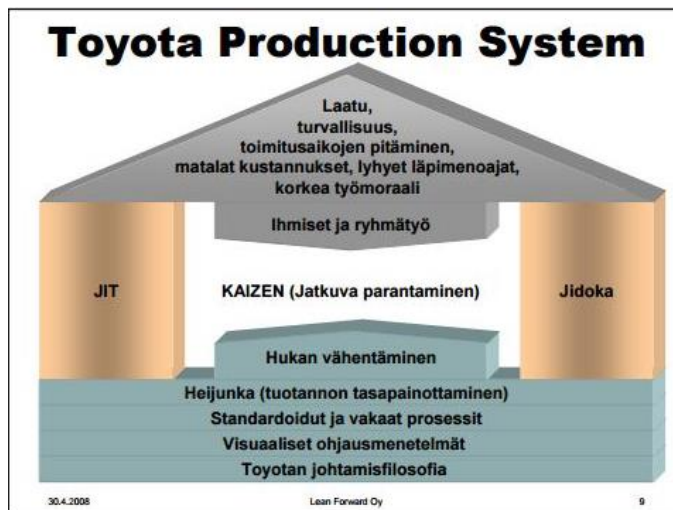
huomattavasti vuoteen 2014 verrattuna maanlaajuisen taloudellisen tilanteen vuoksi (Kähkönen 2016).

### 3 TEORIA

#### 3.1 Lean

Lean- ajattelun mukaisesti toimiminen vaatii ymmärrystä asiakkaan arvosta, tuottavista ja tuottamattomista aktiviteeteista sekä tietoa siitä, miten eliminoidaan kaikki hukka. Ajatusmallista puhuttaessa viitataan yleisesti kustannustehokkaaseen tuotantoon. Lean etuja voidaan helposti hyödyntää yrityksissä, joissa on peruskysyntä. Tämän lisäksi täytyy ymmärtää, kuinka tuottavat aktiviteetit saadaan virtauksiltaan mahdollisimman sujuviksi. (Heinonen & Keinänen 2016, 13.)

Lean- ajattelu on lähtöisin Japanista, autonvalmistaja Toyotan tehtaalta. Taiichi Ohno, Toyota Production Systemin (TPS) perustaja, määrittelee käytettävän toimintamallinsa asiakaslähtöiseksi ja ihmiskeskeiseksi johtamisfilosofiaksi. TPS on tehokas ja projektiläheinen toimintamalli, jonka tarkoituksena oli toisen maailmansodan jälkeen nostaa teollisuutta. Yrityksen liiketoiminta perustuu liiketoimintafilosofialle, jonka työkalut ja periaatteet on aseteltu kuvastamaan kestäväää kokonaisuutta niin kutsutussa Toyotan talon skenaariossa kuvassa 8.



KUVA 8. Toyotan talo (Kuva: Hillman. 2016)

Toyotan talo kuvastaa sisäisten elementtien tasapainoisuutta. Jotta talo pysyy pystyssä, on talon osien toimittava jatkuvasti ja systemaattisesti yhdessä. Kattona toimii koko organisaation yhteiset tavoitteet. Kuvan tukipilarit JIT (Just-In-Time) ja Jidoka pitävät

sisällään virtauksen ja oikea-aikaisen toiminnan sekä laadun. Lattiana toimii koko toiminnan vakaus. Muuta huomioitavaa tasapainoiseen talon säilyttämiseen ovat hukan vähentäminen sekä ryhmässä tulosten seuraaminen ja kehittäminen.

Toyotan käyttämät mallit ovat yhdenmukaisia ajattelumalleja, joita kukin soveltaa omalla tahollaan haluamansa mukaan. Ne eivät ole tae menestymiselle, vaan tapojen parantamisen etsimistä. Lean- ajattelulla saadaan yritykselle luotua kokonaisvaltainen johtamisen filosofia, jonka pääpainona on asiakkaan tyytyväisyys. (Hillman. 2016.) Jotta voidaan tuottaa parempaa laatua, on materiaalivirtauksen, tilausten järjestelmällisyyden sekä varastoinnin oltava kehittyneitä.

Jatkuvasti virtausta parantavalle organisaatiolle kertyy uutta osaamista, uutta ymmärrystä, uusia kokemuksia ja uusia opetuksia asiakkaan tarpeista sekä niiden mahdollisimman tehokkaasta tyydyttämisestä (Modig. & Åhlström 2013, 152). Leania ja Toyotan tapoja tarkastellessa on muistettava, että Lean ja TPS ovat eri käsitteitä. Lean on kehittynyt TPS:n lähtökohdista havainnoinnin perusteella. TPS on Toyotan oma tuotantojärjestelmä, jossa johtamisfilosofia on viety pitkälle. TPS voidaan mieltää Leanin synonyymina. (Väliranta. 2016.)

Tutkija Jeff Liker (2010) on listannut Leanin 14 perusajatusta seuraavasti:

1. Pitkäjännitteisyys päätöksenteossa, jopa lyhytaikaisten tulospalkkioiden kustannuksella.
2. Luo prosessivirtauksia, jotka paljastavat ongelmat ja tuovat ne selvästi esille.
3. Käytä imuohjausta ylituottamisen välttämiseksi.
4. Tasapainota taakka.
5. Suosi kulttuuria, joka (uskaltaa) pysäyttää prosessin, sekä ratkaisee ongelmat pysyvästi.
6. Työn standardisointi on pohja jatkuvalle parantamiselle ja kaikkien onnistumiselle.
7. Visuaalinen ohjaus, joka tuo ongelmat esiin ja kaikkien nähtäväksi.
8. Käytä ainoastaan luotettavaa ja hyväksi koettua tekniikkaa.
9. Varmista että johto tuntee prosessit tarpeeksi syvästi, sekä että johto toimii sanomansa mukaan.
10. Kehitä henkilöstöä ja tiimejä toimimaan yrityksen filosofian mukaan.



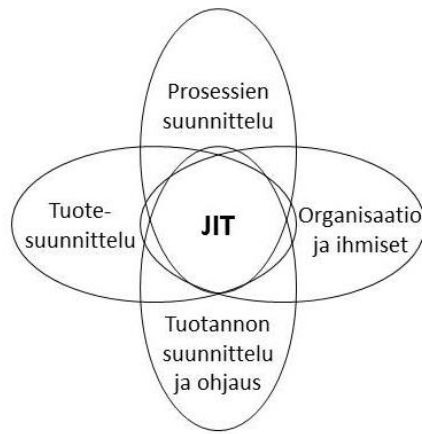
11. Kunnioita yhteistyökumppaneita ja toimittajia, sekä auta heitä tulemaan paremmiksi.
12. Mene paikan päälle prosessiin toteamaan ja ymmärtämään tilanteet.
13. Tee päätökset harkiten, huolella ja yhteisymmärryksessä, vie päätös läpi nopeasti.
14. Luo mahdollisuus oppimiseen ja jatkuvaan vuorovaikutukseen ja siten jatkuvaan parantamiseen.

Perusajatukset ovat pohja Leanin käyttöönotossa, jossa esimies on vastuussa informaation kulusta työntekijöille. Näiden ajatusten pohjalta yritys pyrkii tekemään toiminnastaan jatkuvasti parempaa ja kilpailemaan muiden kanssa. Lean- ajattelussa prosessi halutaan varmistaa häiriöttömäksi ja asiakaslähtöiseksi, jossa tuotteita valmistetaan vain tarpeeseen. (Väliranta. 2016.)

Yhteenvetona voidaan ajatella, että Leanin avulla tuotannosta on mahdollista saada hyvin virtaava. Kun tuotantolinja virtaa hyvin, saadaan lyhennettyä läpimenoaikoja ja parannettua tuottavuutta. Leanin avulla luotu siisti ja selkeä tuotantolinja parantaa liikkumista sekä työturvallisuutta. Tuotannonohjauksella pystytään mahdollistamaan tuotanto markkinoiden tarpeen mukaisesti, jossa yksi tärkeimpiä osa-alueita on jatkuva kehittäminen.

### **3.1.1 JIT**

Japanista lähtöisin oleva tuotantofilosofian kantava periaate JIT (Just-in-Time) on muodostunut osaksi nykypäivän Lean-ajattelua. Tämän periaatteen mukaan pyritään tuotannossa siirtämään materiaalia juuri todellisen tarpeen mukaan. JIT: n avulla pyritään saavuttamaan selkeä ja tehokas materiaalivirtaus linjoille.



KUVIO 3. JIT: n vaikutusalueet (Kuvio: Logistiikanmaailma 2016)

Periaatteen vaikutusalueet näkyvät kaikkialla tuotannossa ja nämä kaikki pyrkivät kehittämään sitä omilla osa-alueillaan, kuten kuvioon 3 on eroteltu. Jotta ajattelua pystytään hyödyntämään tehokkaasti, se vaatii toiminnoilta hyvin korkeaa laatutasoa. Pahimmassa tapauksessa koko tuotanto voi pysähtyä, ellei laatuvirheitä huomata aikaisessa vaiheessa. Kun tahditukset ja virtaukset ovat kunnossa Just-In-Time -ideologia toteutuu hyvin. (Logistiikan maailma 2016.)

Yhtenä suurena osana JIT:ssa on logistiikan toimivuus. Osien saapuminen tuotantoon tulisi saada sellaiseksi, että niitä on vasta silloin, kun on oikea tarve. Alihankinnalla on myös suuri rooli toimintamallin toteuttamisessa, sillä myös heidän oikea-aikaisuus on ratkaiseva tekijä tuotannon aikatauluttamisessa. Täydellisessä JIT-toimintamallissa tuotteita pyritään valmistamaan virheettöminä, jolloin laadunvarmistustoimenpiteet nähdään hukcatekijänä. (Hillman 2016.)

JIT-toiminnan yhteydessä puhutaan usein imuohjauksesta, joka perustuu siihen, että tuotteiden valmistus tapahtuu vain todellisen tarpeen mukaan. Imuohjauksen toteuttaminen tapahtuu käytännössä pienten varastojen avulla, mutta sen toimiessa täydellisesti varastoja ei tarvita lainkaan. Ohjausmenetelmää voidaan käyttää osakokoonpanojen ja vakio-osien ohjauksessa. JIT-toimintamallin kehittämisen perustana on asetusaikojen supistaminen. (Heinonen ym. 2016, 12; Miettinen. 1993, 54.)

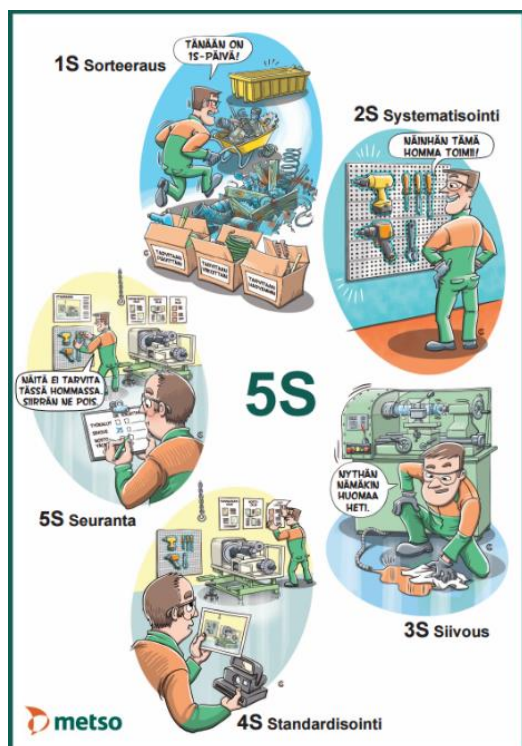
### 3.1.2 Jidoka

Jidokan sisälle rakentuu laatu, jonka mukaan vian ei tulisi koskaan edetä seuraavalle vaiheelle. Menetelmän avulla pyritään luomaan ratkaisu vikojen huomaamiselle välittömästi ja keskeyttämään tuotanto vian havaitsemisen jälkeen. Laatuongelmien korjaaminen jälkikäteen on paljon tehottomampaa kuin välitön laatu. Ideaalitulanteessa pystytään rakentamaan laite tai ratkaisu, joka itse pysäyttää itsensä ongelman ilmetessä.

Kun laatuongelmiin puututaan heti, säästetään rahaa ja aikaa. Jidokan tarkoituksena on saada rakennettua laatu sisään tuotantoon ja kannustaa työntekijöitä sitoutumaan sen käyttämiseen. Laadun parantaminen ja ylläpitäminen, on pitkänaikavälin prosessi, jonka kehittämiseen tarvitaan jokainen organisaation jäsen mukaan. Yhdessä tulosta saadaan nopeammin ja asiakkaan tyytyväisyys paremmaksi. (Shmula 2016.)

### 3.1.3 5S

5S on yksi Lean- ajattelumallin periaatteista, jonka avulla pyritään hävittämään hukkaa. Sen tarkoitus on toimia järjestelmällisesti ja jokainen kohta liittyy edelliseen. Kun ympäristö on puhdas ja järjestyksessä, on hukkien poistaminen helpompaa. (Kaaja 2016.) Metsolla julisteiden avulla kaikille tuodaan esille, mitä 5S sisältää ja kuinka sen kanssa edetään. Alla esitelty kuva 9 Metson sisäisestä julisteesta tuotannossa.



KUVA 9. 5S-periaate tuotantolinjalla (Kuva: Metso 2016)

5S pitää sisällään viisi kuvassa näkyvää periaatetta, joiden voidaan ajatella olevan askelia tehokkaampaan toimintaan, sekä turvallisempaan ja viihtyisämpään työympäristöön. Periaatteet luokitellaan seuraavasti:

- 1S. Sorteeruus, joka japanin kielessä tunnetaan sanalla *Seiri*, tarkoittaa lajittelua. Lajittelussa poistetaan tarpeeton ja lajitellaan tarpeellinen järkeväksi.
- 2S. Systematisointi eli *Seiton* tarkoittaa järjestelyä. Tarvittaville tavaroille asetetaan järkevät sijainnit ja niiden paikat merkitään ymmärrettävästi.
- 3S. Siivous (*Seiso*) pitää sisällään työpisteen siivoamisen ja puhdistamisen. Esimerkiksi puhtaalta lattialta on helpompi huomata liukkaat ja vaaralliset öljytahrat.
- 4S. Standardisoinnin eli *Seiketsun* avulla luodaan ohjeet edellisille vaiheille. Esimerkiksi tuotantoa voidaan ohjeistaa mahdollisesta siivouksesta.
- 5S. Seuranta (*Shiketsu*) on hyötyjen ylläpitämistä. Voidaan järjestää tarvittavia koulutuksia ja suorittaa tarkastuksia. (Heinonen 2016,14.)

Kolmen ensimmäisen askelman voidaan ajatella olevan työtavan järjestelmällistä implementointia. Kaksi viimeistä on työtavan ylläpitoa, sekä edelleen kehittämistä. 5S koskee kaikkia, ei pelkästään tuotantolinjoja. Kuvassa 10 on esitelty, kuinka sama käytäntö toimii toimistotiloissa.



KUVA 10. 5S periaate toimistossa (Kuva: Metso 2016)

Yllä oleva kuva osoittaa, että työvälineiden, kuten tietokoneen tiedostojen järjestäminen, helpottaa työtä. Oikein käytettynä 5S toimii osana visualisointia. Systeemin perimmäisenä tavoitteena on tehdä ongelmat näkyviksi ja virtaus tuetuksi. Kun yksikkö on järjestyksessä ja siistinä, annetaan ulospäin hyvä vaikutelma. Ensivaikutelman asiakkaalle on tärkeä, sillä sitä ei voi enää myöhemmin korjata. Tiivistetysti 5S on sitä, että oikeat asiat ovat oikealla paikalla, ja että sovitusta tavoista pidetään yhdessä kiinni. Onnistumisen yksi tärkeä avain on kurinalaisuus eli sovitut asiat hoidetaan ja ylläpidetään. (Tuominen 2010, 80.), (Väliranta 2016.)

### 3.1.4 7 hukkaa

Toiminta, joka ei lisää tuotteen arvoa, lasketaan hukaksi. Lean- ajattelun perustaja Taiichi Ohno on luonut tämän seitsemän hukan listan, jonka mukaan on eliminointava kaikki toiminto, mikä ei lisää asiakkaalle tuotteen arvoa. Listaa usein muokataan hieman tuotannossa, mutta pääperiaatteiltaan se toimii samoin. Alkuperäisessä listassa esiintyvät hukat:

- Odottaminen
- Turha kuljettaminen

- Varastointi
- Yliprosessointi
- Turha liikkuminen
- Virheet
- Ylituotanto.

Näiden lisäksi usein yrityksissä puhutaan kahdeksannesta hukasta, joka tarkoittaa työntekijöiden käyttämättömiä resursseja. (Hillman 2016.)

Yhtä suurimpana hukan aiheuttajana pidetään odottelua, joka tarkoittaa tuotannon pysähtymistä. Odottelu estää tuotannon yhtä tärkeimmistä Leanin osa-alueista toteutumasta, eli se häiritsee virtauksia. Odottelusta ja turhasta kuljettamisesta aiheutuu lisäkustannuksia. Lisäkuljetukset eivät lisää arvoa itse tuotteelle. Kuljetuksia joudutaan tekemään usein osapuutteiden tai laatuvirheiden vuoksi. (Väliranta 2016.)

Suunnittelemattomat turhat varastot ja puskurit ovat yleensä merkki epävarmasta prosessista. Liian suuret varastot aiheuttavat kustannuksia ja tuotteiden vanhenemista. Vanhentuneet tuotteet voi menettää laatuvaatimuksensa, tai johtaa käytössä aikaiseen tuotteen rikkoutumiseen. Hyllyissä varastoidut tuotteet ovat kustannuksia yritykselle niin kauan kunnes ne saadaan myytyä. (Hillman 2016.)

Yliprosessoinnilla tarkoitetaan liikojen toimenpiteiden suorittamista yhdellä tuotteella. Yli tarpeen valmistaminen on turhaa ja kallista sekä aiheuttaa usein monta muuta ongelmaa. Jotta tuotteiden laatu vastaa asiakkaan tarpeita, on selvitettävä asiakkaan toivomukset. Asiakkaalle ylilaadun tekeminen ei tarjoa lisäarvoa.

Asennusvirheet tai vialliset osat aiheuttavat hukkaa tuotantolinjoille aiheuttamalla odottelua. Hukkatyötä on tilata uusia osia tai korjata aiempia virheitä myöhemmin linjalla. Työt seisovat ja pahimmassa tapauksessa toimitus viivästyy. Virheet ovat hukista ilmeisin, vaikka ei olekaan välttämättä heti havaittavissa. ”Kerralla oikein” periaatteella toimittaessa välttyään turhalta hukalta. (Väliranta. 2016.)

Laatuvirheet, joille voi olla monia syitä, tulee luultavasti aiheuttamaan enemmän kustannuksia kuin yritys odottaa. Jokainen korjaus tuhlaa materiaaleja sekä resursseja. Pahimmassa tapauksessa virhe voi johtaa asiakkaan menettämiseen. Toistuvat virheet

täytyy pystyä eliminoimaan ja kehittämään tuotantoa siten, että virheiltä vältetään. (Lean Manufacturing Tools 2016.)

Tilanteessa, jolloin tuotteita valmistetaan enemmän kuin todellinen tarve on, puhutaan ylituotannosta. Tällainen tilanne johtaa yleensä liian pitkään varastointiin, jolloin sen vaikutus näkyy läpimeno- ja varastonkiertoajoissa. Joidenkin tuotteiden kohdalla tämä vaikuttaa heikentävästi myös lopputuotteen laatuun. Ylituotannosta puhutaan pahimpana hukkana. (Waters 2009, 82.) Ylituotanto käsittää merkityksettömät tuotteet asiakkaan näkökulmasta.

Hukan ymmärtäminen ja hahmottaminen voi olla vaikeaa. Voidaan miettiä, mikä joka päiväisessä toiminnassa on sellaista, että se tuottaa arvoa. Kaikki arvoa tuottamaton on hukkaa, josta pitäisi pyrkiä pääsemään eroon. Apuna hukan poistamiseen ja havaitsemiseen voidaan käyttää asiakkaan määäämiä arvoja sekä erilaisia Lean-periaatteita. (Lean Manufacturing Tools 2016.)

7 hukkaa keskittyy eliminoimaan kaikkea arvoa tuottamatonta ja toimii jatkuvan parantamisen työkaluna. Japanin kielestä tuleva sana *muri* kuvastaa hukkaa, joka aiheutuu piippuun ajetuista ihmisistä tai laitteistoista. Tämä hukka jää usein huomiotta yrityksissä. (Väliranta 2016.)

### **3.1.5 Kanban**

Visuaalisiin ohjausmenetelmiin kuuluva Kanban määrittää varastotavaran määrän ja tarpeen. Kanban on imuohjaksen esiintymä, jolla voidaan parantaa prosessien virtausta, ja joka toimii kortti- menetelmällä. Se toimii Lean- ajatusmallin ajoitusvälineenä ja on yksi JIT: n (Just-in-Time) mahdollistajista. (Hillman 2016.)

Nimikkeitä voidaan esimerkiksi tuoda varastoon laatikoissa, joissa on mukana kanban-kortti. Laatikon tyhjetessä kortti toimitetaan varaston täyttäjälle, joka siten näkee täytön tarpeen. Kanban tuotannossa kortit auttavat huomaamaan ongelmat helposti. Työntekijöiltä vaaditaan niiden toimittamista oikeaan paikkaan, jotta korttien kierto toteutuu. Varasto määritellään hukaksi, josta tulisi pyrkiä pääsemään eroon. Mikäli se on

mahdotonta, on kanban -järjestelmä toimiva ratkaisu. Kanbanin avulla pystytään asettamaan hälytysrajoja eli määrittämään tuotteen todellinen tarve juuri oikeaan aikaan.

### **3.2 Materiaalivirtaus**

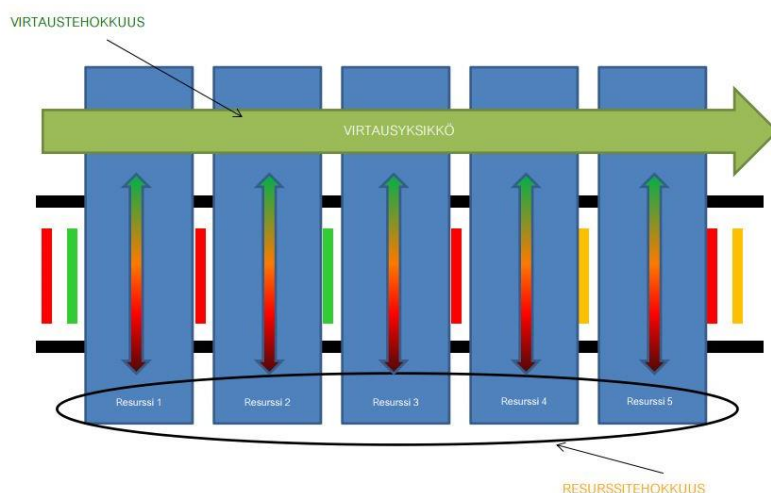
Jotta saa käsityksen virtaustehokkuudesta, on tärkeää ymmärtää, miten prosessit toimivat. Prosessien toimivuus kattaa virtaustehokkuuden syntymisen (Modig & Åhlström 2013, 17). Materiaalivirtauksesta puhuttaessa täytyy ymmärtää, että logistiikka on päävastuussa sen toiminnasta. Käsite sisältää tuotteiden ja materiaalin kuljettamisen sekä varastoinnin. Tuotteiden samankaltaisuus helpottaa materiaalivirran suunnittelua. Siihen panostaminen parantaa tuotannon tehokkuutta sekä toimivuutta.

Heinosen & Keinäsen (2016, 12) tekstiä tulkiten, tuotteen lyhyt toimitusaika ja asiakastytyväisyys usein paljastaa materiaalivirtauksen toimivuuden. Materiaalivirtojen hallinnalla tarkoitetaan yrityksen raaka-aineiden, osakokoonpanojen ja lopputuotteiden hankinnan sekä varastoinnin ja jakelun hallintaa. Virtausten hallinnalla pyritään ylläpitämään määritettyä palvelutasoa, jossa varastoilla pystytään palvelemaan omaa tuotantoa sekä asiakasta mahdollisimman tehokkaasti.

### **3.3 Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus**

Tuotantoa tarkasteltaessa on hyvä miettiä, kuinka resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus määräytyvät ja kuinka ne vaikuttavat toisiinsa. Molemmat ovat Lean-ajatusmallin osia, joilla pyritään tehostamaan ja kehittämään tuotantoa. Kuviossa 4 on esitetty virtaustehokkuuden ja resurssitehokkuuden vaikutuksia.





KUVIO 4. Virtaustehokkuus vs Resurssitehokkuus (Kuvio: Elomaa 2015)

Ihamäen (2016, 9-11) tekstiä tulkiten, voidaan todeta, että resurssitehokkuus näkyy kapasiteetin oikeanlaisena hyödyntämisinä. Siinä korostuu erityisesti arvoa tuottavien resurssien hyödyntäminen. Tämä tarkoittaa, että tuotantokoneet tai ihmiset ovat jatkuvasti käytössä. Resurssitehokkuudella tarkoitetaan korkeaa käyttöastetta, josta seuraa läpimenoaikojen kasvua. Tehokkaassa yksikössä työtehtäviä on aina odottamassa. Kokonaistuottavuus pienenee, mitä enemmän keskitytään vain resurssitehokkuuteen.

Kuviosta 4 huomataan, että virtaustehokkuus käsittää virtausta vaiheiden läpi. Virtaustehokkuuden ideana on tuoda yksikköön mahdollisimman paljon arvoa lyhyellä aikavälillä. Kun yritys on virtaustehokas, asiakkaan ei tarvitse odottaa tuotteita pitkiä aikoja. Asiayhteydessä voidaan puhua asiakastyytyväisyydestä. (Webrosensor 2016.) Virtaustehokkaassa tuotannossa tehdään kerralla valmista lyhyessä ajassa, ja se voidaan laskea kaavalla 1,

$$\text{Virtaustehokkuus} = \frac{\text{arvoa tuottava aika}}{\text{kokonaisaika}} \quad (\text{Kaava 1.})$$

jossa arvoatuottava aika on aika, josta asiakas maksaa (Järvinen 2015). Esimerkiksi varastointi ei ole arvoa tuottavaa vaan arvoa tuottamatonta aikaa. Kokonaisaika on tilauksesta lähetykseen kulunut aika. Virtaustehokkaassa yksikössä tuotteita valmistetaan asiakkaan tarpeen mukaan jatkuvasti varastoimatta turhaan.

Virtaustehokkaassa ympäristössä pyritään mahdollisimman vähän sijoittamaan materiaaleihin ja tiloihin, joihin ei lyhyellä aikajänteellä ole tarvetta. Prosessista pyritään

poistamaan tuottamattoman työn osuutta. Kokonaisuutena organisaatio on tuottavampi ja tehokkaampi, jossa suurin syy virtauksen katkeamiseen on keskeytykset. (Liker. 2010.)

Resurssi- ja virtaustehokkuus ovat hyvin lähekkäisiä käsitteitä, mutta aiheuttavat ristiriitaa toistensa kesken. Resurssien tehokas käyttö vaatii osansa virtaustehokkuudesta, sillä resurssitehokas linja vaatii toimiakseen puskureita ja välivarastoja esimerkiksi suuria eräkokoja varten. Varastointi ei ole virtauksen kannalta tehokasta. Käytännössä voidaan ajatella, että resurssitehokkaassa organisaatiossa asiakas joutuu odottamaan mutta virtaustehokkaassa ei. (Ihamäki 2016.)

Mitä enemmän on eri resursseja, sitä suurempi on läpimenoaika. Virtaustehokkuutta parantamalla esimerkiksi hukkia poistamalla parannetaan myös resurssitehokkuutta. Kun resurssitehokkuutta ja virtaustehokkuutta käytetään järkevästi yhdessä tuottavuus kasvaa. Jollei tuotannossa käytetä eri mittareita, on vaikeaa olla kilpailukykyinen. Mittareiden avulla pystytään kartoittamaan nykyistä tilannetta ja sen pohjalta johtaa sekä kehittää olemassa olevaa.

### 3.4 Juurisyy

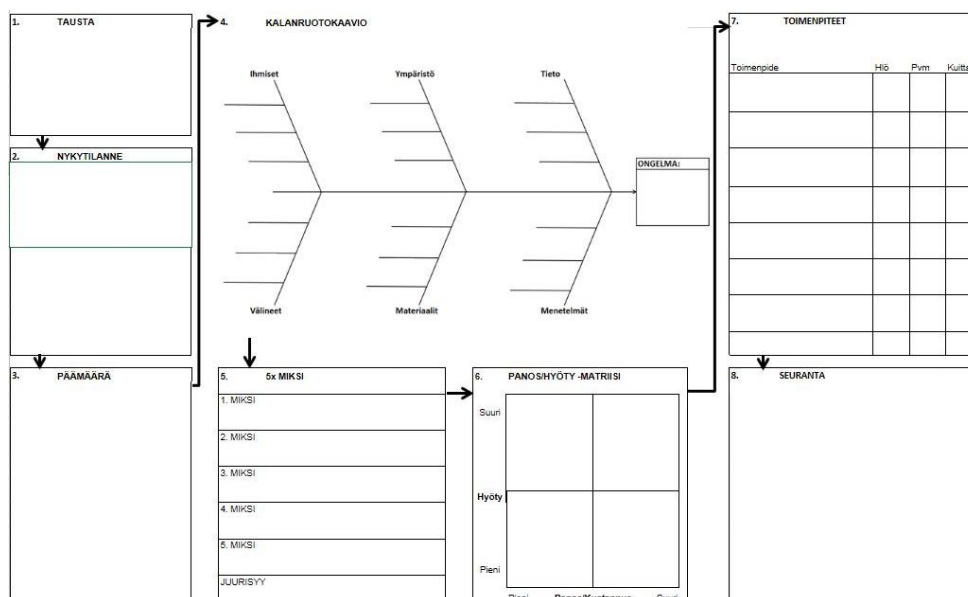
Ongelmanratkaisu- ja kehitystilanteissa juurisyiden selvittäminen on tärkeää. Juurisyytä etsittäessä on oltava selvillä prosessien kulusta ja suoritustavoista. Yksi Lean-tuotantomallin tarkoituksista on löytää perimmäinen ongelma ja ratkaista se. Kuvioon 5 on luonnosteltu juurisyyanalyysin (RCA, Root Cause Analysis) tehtäviä.



KUVIO 5. Juurisyyanalyysin kehittyminen (Kuvio: Moore 2007, 286)

Juurisyyanalyysi aloitetaan suurien ongelmien tutkimisella. Lopulta selvitetään pieniä ongelmia, jotka aiheuttavat suuret ongelmat. Analyysin avulla pystytään keskittymään nimenomaan syyhyn eikä pelkästään ongelman aiheuttamiin oireisiin. Sen avulla pyritään löytämään syyt, joilla voidaan estää ongelmien uusiutumista. (Moore 2007, 285–287.)

Analyysia varten voidaan käyttää, erilaisia kaavioita esimerkiksi yksinkertaista ongelmien ratkaisutyökalu A3:sta, joka on esitelty kaaviossa 1.



KUVA 11. Juurisyyanalyysin työkalu A3 (Kuva: Metso 2016)

Kuvassa näkyvän kaavion avulla tuodaan kaikille esille ongelman tausta ja päämäärä sen poistamiseksi. Usean miksi kysymyksen avulla pyritään pääsemään juurisyyhyn, ja jokainen ongelmaryhmä voidaan esitellä omalla ruodollaan (Laatuakatemia 2010).

Juurisyy on analysoinnin avulla löydetty tärkein tekijä, joka vaikuttaa useaan vaiheeseen. Tämä tärkein tekijä on usein syy syntyneeseen pullonkaulaan, ja siksi sen tiedostaminen on tärkeää. Juurisyyllä voi olla vaikeaa löytää ratkaisua, jolloin on hyvä miettiä juurisyyyn osa-alueita. Niiden ratkaisuilla pystytään vaikuttamaan tärkeimpään tekijään eli juurisyyhyn, ja lopulta aiheutuneeseen pullonkaulaan.

## 4 LÄHTÖKOHDAT

Insinöörityön laaja kokonaisuus vaatii tarkkaa suunnitelmaa ja sen toteutumista. Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin moottorisolun materiaalivirtauksen kehittäminen ja uuden moottorimallin vaatimien muutoksien huomioiminen. Nämä pitävät sisällään useita eri osa-alueita, joita tulee tarkastella sekä analysoida monesta eri näkökulmasta.

### 4.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset

Yksi tavoitteista on tasapainottaa moottorisolun asemat eri konemalleille. Tämän helpottamiseksi pyritään hyödyntämään monipuolisemmin varusteluruutua, ja selkeyttämään materiaalin kulkua. Virtauksen kehittämisen mahdollistamiseksi on huomioitava mahdolliset varasto- ja settilavamuutokset. Mahdollisten muutostarpeiden kartoittamiseksi asentajien kanssa käydään läpi tämän hetkisiä ongelmakohtia.

Uuden moottorimallin huomioiminen on osana koko kehitysprosessin ajan, sillä Euroopassa vaaditaan uuden päästösuosituksen käyttöä, jota uusi malli tulee mukailemaan. Kaikissa tulevaisuudessa valmistettavissa koneissa tulee vuoden 2017 loppuun mennessä käyttää T4 Final:ia kattavaa moottorimallia, jotta yleinen vaatimustaso täyttyy. Moottorimallin käyttöikä tulee kasvamaan, ja päästöt tulee pienentymään. Jollei lainsäädäntöä täytä, ei voi myydä koneita.

Pitkän ajan tavoitteena on päästä eroon suunnittelumuutoksista, osien huonosta laadusta sekä logistisista ongelmista, jotka vielä ovat yksinä ongelmaehtina Metsolla. Opinnäytetyön avulla pyritään luomaan pohja tulevalle toiminnalle ja sen kehittämiselle. Tavoitteena on saada laadun taso ja linjan tuottavuus paremmaksi, kuitenkin säilyttämällä työn mielekkyys ja ergonomia hyvällä tasolla.

### 4.2 Nykytilaselvitys

Moottorisolussa valmistetaan imuohjausperiaatteella päälinjan seulakokoonpanoihin valmiita moottorikokoonpanoja. Päälinjan tarpeen mukaan moottorisoluun ohjataan

oikeat osat, ja valmistetaan haluttu moottoriyksikkö. Moottorisolussa työskentelee tällä hetkellä vakituisesti neljä asentajaa ja varusteluruudussa yksi osa-aikaisesti. Yhden moottorin kanssa työskennellään pääsääntöisesti pareittain. Liitteessä 1 on esitelty moottorisolun yksinkertaista layoutia (sisällön sijoittelua) tällä hetkellä, sekä materiaalivirtauksen kulkua.

Pelkistetystä layout-kuvasta nähdään tämän hetkinen pääpiirteittäinen vaiheistus eri asemien kohdalla. Konemalleista riippuen näkyvien vaiheiden lisäksi voi tulla erilaisia optioita. Tällä hetkellä asemat eivät ole tasapainossa, ja läpimenoajoissa samoilla konetyypeillä on paljon vaihtelevuutta. Opinnäytetyön yksi osa-alueista on vaiheistuksen kehittäminen.

Sisäinen logistiikka kuljettaa moottorisoluun settilavalla materiaalia linjan vastaanottoalueelle, kun työn aloituspäivä koittaa. Hydraulikkaletkut sekä liittimet, jotka täytetään varastoon hyllypalvelun kautta, löytyvät lähivarastosta solun vierestä. Lähivarastossa on lisäksi hyllypalvelun täyttämät pienet kulutustavarat. Näitä pieniä osia on muun muassa liittimet ja pultit.

Moottorisolun alkupäässä on osakokoonpano- eli varusteluruutu, jossa tällä hetkellä valmistetaan suoraan työlle koottavia pieniä osakokoonpanoja. Jonkin verran tehdään komponentteja hyllyyn valmiiksi tuleville töille. Opinnäytetyön aikana lisätään osakokoonpanoja entisestään sekä järkevöitetään varaston suuruutta.

#### **4.2.1 Läpimenoaika**

Läpimeno itsessään tarkoittaa työn etenemistä tuotannossa. Kokonaisläpimenoaika käsittää ajan tilauksesta toimitukseen. Kun valmistuksessa puhutaan läpimenoajasta, sillä tarkoitetaan valmistuksen aloittamisesta valmiiksi tuotteeksi kuluvaa aikaa (Väliranta 2016).

Metson Tampereen tehtaan tuotannossa on käytössä ohjausjärjestelmä MES (Manufacturing Executio System). MES:n visuaalisella ohjauksella tuodaan yleisesti linjalle nähtäväksi koneiden aikataulut ja tilanteet. Kuvassa 12 on esiteltynä visuaalinen

näkymä, josta voidaan etukäteen nähdä tulevien koneiden aloitukset ensimmäisen moottoriaseman yläpuolelta.



KUVA 12. MES visualisoinnin ominaisuudet (Kuva: Tiia Rivinoja)

Valkoinen väri kuvassa 12 tarkoittaa, ettei asemalla ole työvaihetta. Pienien laatikoiden valkoinen väri kertoo suorittamattomista alivaiheista. Punainen väri tarkoittaa, että jokin tilauksen päävaiheista on myöhässä. Tässä kuvassa myöhässä on asemat yksi ja kolme. Vihreä väri kertoo aikataulussa pysymisestä, ja pienissä laatikoissa se tarkoittaa suoritettuja vaiheita. Jokaisen aseman alla näkyy, ketä asentajia niissä työskentelee.

MES näyttää, jos edellisellä asemalla joku vaihe on jäänyt kesken muuttamalla kuvassa näkyvän nollan kesken jääneiden vaiheiden lukumääräksi. Voidaan havaita lisäksi poikkeamat, ja niiden korjaukset väripalkkien alta tekstinä. Kuvassa on moottoriasemien lisäksi erillisenä osakokoonpano asema, jossa ei ole aloitettua työtä.

#### 4.2.2 Pullonkaulat moottorisolussa

Tuotantoprosessissa ongelmakohtaa, joka hidastaa tuotteen, eli tässä tapauksessa moottorin läpimenoaikaa, kutsutaan pullonkaulaksi. Pullonkauloja tuotannossa aiheuttavat aikaa vievät työvaiheet ja osapuutteet. Nämä ongelmatilanteet saattavat aiheuttaa pahimmassa tapauksessa linjan seisahtumisen tai ongelman siirtymisen myöhempään vaiheeseen.

Tässä tapauksessa voidaan ajatella moottorisolun toimivan pullonkaulana Seulatrackien kokoonpanolinjalle silloin kun jokin vaiheista aiheuttaa moottorisiluun ongelmia. Moottorisolu toimii siis ajoittain ongelmakohtana seulojen linjalla. Moottorisolun pullonkauloista pyritään pääsemään eroon, jotta ne eivät vaikuta seulalinjan

läpimenoaikaan. Näiden poistamiseksi tarkastellaan moottorisolun viivästymien aiheuttajia.

Suurin osa viivästymistä aiheutuu puuttuvien osien tai laatuongelmien vuoksi. Suunnittelussa on paljon vajavaisuutta, joka aiheuttaa esimerkiksi letkujen reitityksissä ongelmia. Yhdenmukaisuus koneiden variaatioiden välillä puuttuu lähes kokonaan. Tällä hetkellä hydraulikan ja sähköjen osalta kukin työntekijä kokoaa osat tyylillään. Insinööritoiminnan yksi tarkoitus on keksiä ratkaisu, jolla tarvittavat tuotteet olisivat helposti saatavilla, ja kehittää yhdenmukaisuutta konemallien välille.

#### 4.2.3 Poikkeamat

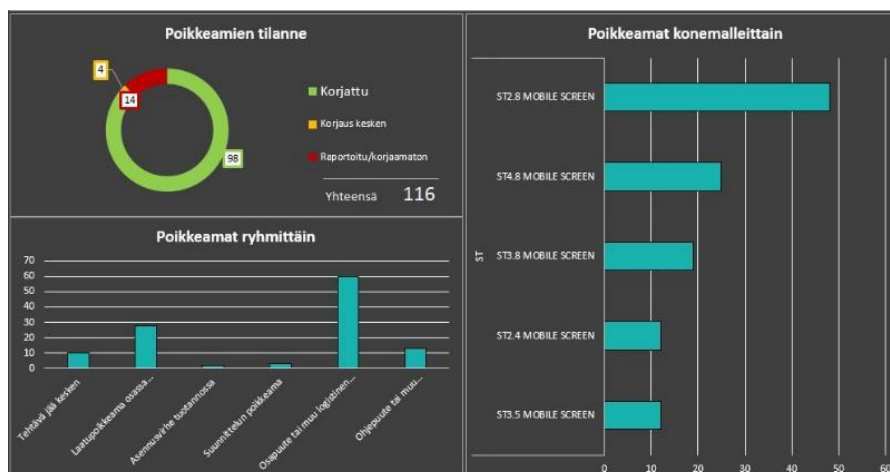
Moottorisolussa on esiintynyt paljon poikkeamia, joista pyritään aina raportoimaan tuotannonohjausjärjestelmä MES:iin. Raportit tallentuvat tarkasteltavaksi dataksi, jonka avulla pystytään vertailemaan konekohtaisia ongelmia. Tässä työssä tarkastellaan tämän vuoden aikana aiheutuneita poikkeamia ja niiden syitä.

Aloitettuja konemalleja voidaan tarkastella taulukkoon 1 kerätyistä tiedoista.

TAULUKKO 1. Aloitetut koneet aikavälillä 31.12.2015-07.10.2016

Konemalli	Yhteensä aloitettuja koneita (kpl)
ST 2.4	9
ST 2.8	43
ST 3.5	11
ST 3.8	10
ST 4.8	25
ST 620	4

Taulukosta voidaan nähdä, että ST 2.8 on suosituin malli. Aloitettavien koneiden aloituspäivämäärät määräytyvät asiakkaan toiveen mukaan. Koneiden virheraportit on kirjattu MES:iin. Sieltä löytyvää dataa tutkiessa kuvasta 13 voidaan huomata, kuinka paljon mitäänkin poikkeamaa on, ja kuinka paljon niitä on saatu korjattua. Poikkeamadataa tarkastellaan vuoden 2016 aikana lokakuuhun mennessä raportoiduista koneista moottorilinjalla.



KUVA 13. ST -konemallien poikkeamat 2016 (Kuva: Tiia Rivinoja)

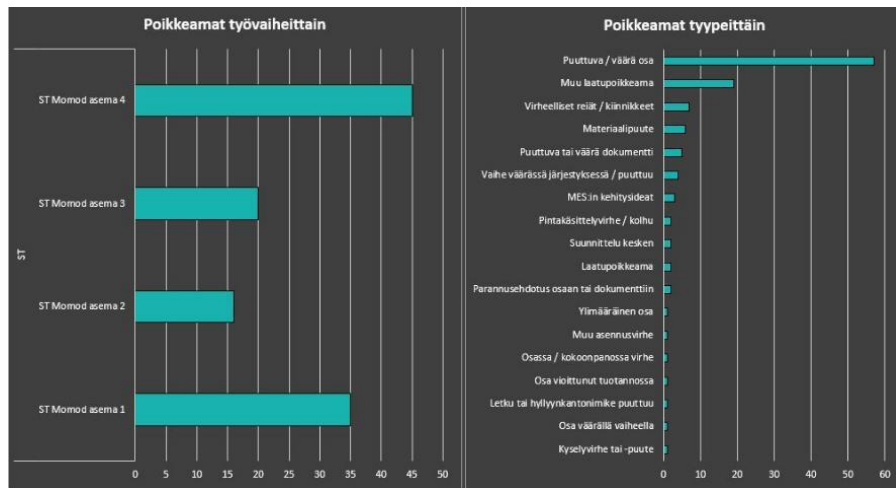
Yhteensä kaikilla konemalleilla tänä vuonna on ollut eniten osapuutteita tai muita logistisia ongelmia. Ne ovat olleet tapauksia, jossa settilavoilta on puuttunut tarpeellisia osia tai hyllytavaralaatikat ovat tyhjentyneet. Linja on seisahtunut, sillä tuotteita on jouduttu odottelemaan Messukylän päävarastolta tai hyllypalvelun tarjoajalta. Kuvasta 13 voidaan huomata, että konemallilla ST2.8:lla esiintyi eniten poikkeamia. Tämä voi johtua siitä, että konemalli on ollut tänä vuonna eniten myydyin, kuten taulukosta 1 voitiin todeta.

Linjan pysähtyminen on vakava ongelma, joka on ollut Metsolla juurisyy-analyysien kohteena. Taulukon 1 tietoja verrattaessa poikkeamien määrään voidaan todeta, että noin 74%:lla ST2.8 koneista on ollut poikkeamia linjalla. Usein hyllypalvelun kautta täytettävät laatikat eivät pelkästään ole tyhjänä moottorisolussa, vaan myös muilla tehtaan varastopaikoilla.

Laatupoikkeamat, joita toimittajien osissa on huomattu, johtavat aina reklamaatioon, ja vaatii joko korjaustoimenpiteitä tai uuden osan odottamista. Metsolla toimittajalähtöiset laatuongelmat ovat suuri hidastava tekijä, johon täytyisi löytää toimiva ratkaisu. Logistisia ongelmia on ollut muun muassa tavaroiden toimitus väärään paikkaan tai settilavalta puuttuneiden tavaroiden odottelua päävarastolta.

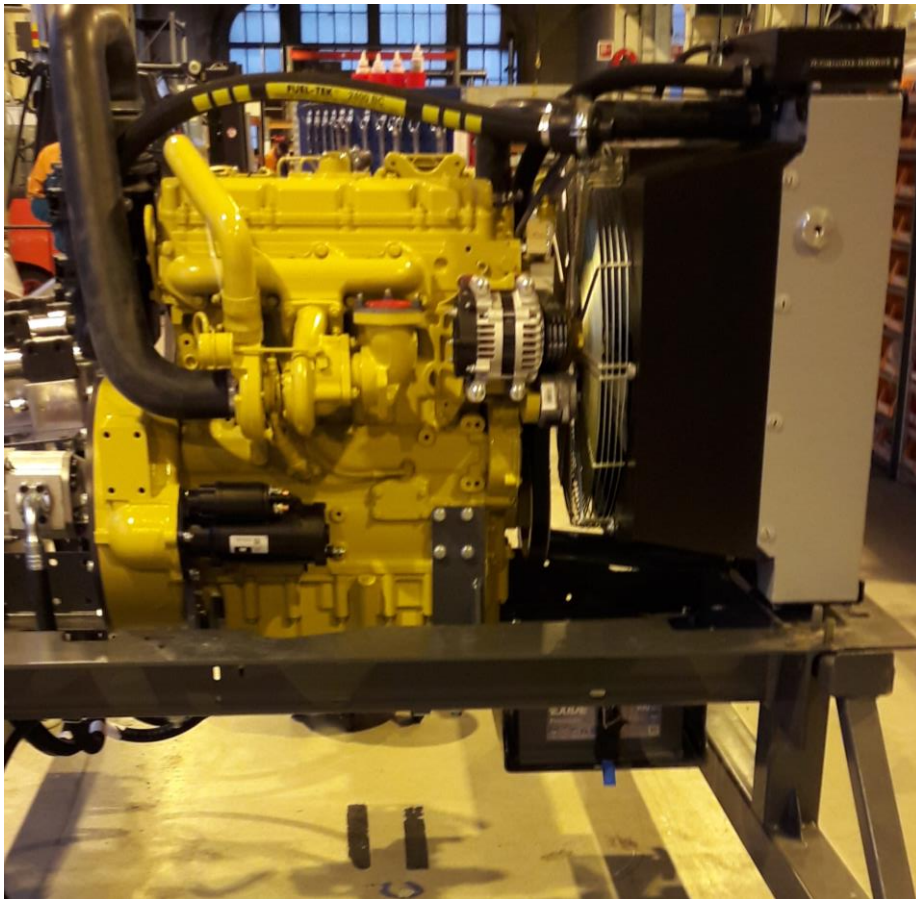
Taulukon 1 tietoihin verrattessa poikkeamien määrään voidaan todeta, että poikkeamia on ollut enemmän kuin valmistettuja koneita. Tämä tarkoittaa sitä, että yhdellä tai useammalla koneella on poikkeamia enemmän kuin yksi. Kuvaan 14 on kerätty tietoa poikkeamien tyypeistä ja millä asemilla niitä esiintyy.





KUVA 14. Poikkeamien tyypit ja esiintymät (Kuva: Tiia Rivinoja)

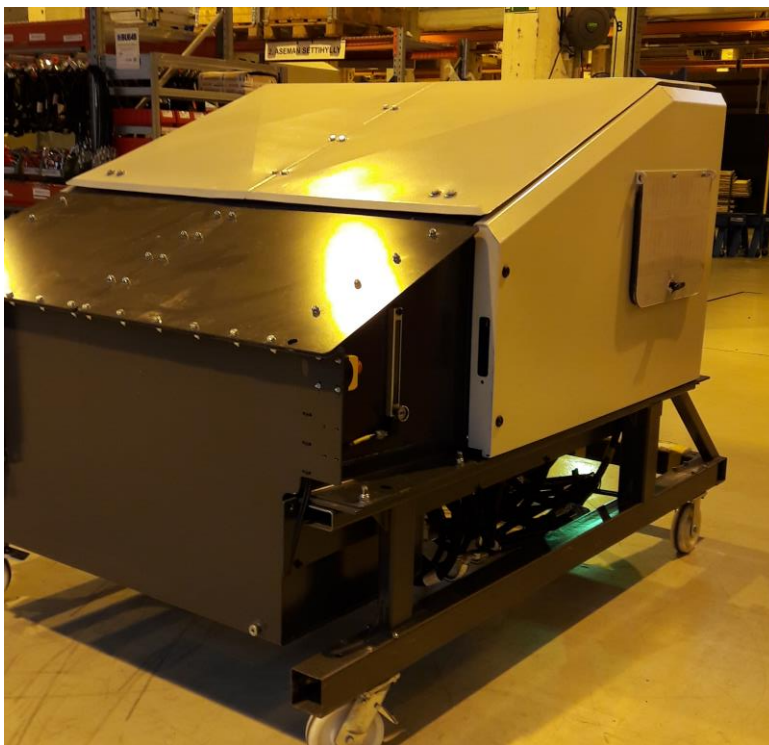
Asemat yksi ja neljä erottuvat selkeästi kuvasta eniten poikkeamia havaittuina asemina. Osa- ja laatu-puutteisiin verrattuna muut poikkeamat ovat hyvin vähäisiä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ratkaisu, jolla osapuutteita saadaan minimoitua. Suurimpia toimittajalta tulevia laatuongelmia on tällä hetkellä ovissa sekä katoissa, jotka tulevat eri toimittajien kautta. Ovet ja katot ovat moottorimoduulin suojarakenteita. Alla olevassa kuvassa 15 nähdään moottorimoduulin kokoonpano ilman suojarakenteita.



KUVA 15. Moottorimoduuli (Kuva: Tiia Rivinoja)

Kuvassa 15 on esitetty moottorimoduuli ilman suojia takapuolelta. Etupuolelle kiinnitetään suurin osa moottorin sähköistä ja hydraulikasta. Moottorimoduuli on suuri kokonaisuus, joka rakentuu useasta pienemmästä osasta.

Kuvassa 16 on valmis moottorimoduuli suojarakenteineen. Valmis moottori kiinnitetään seulaan nostamalla se kattonosturin avulla pyörillä liikkuvan aputelineen päältä. Kuvan 16 taustalla nähdään seulojen kokoonpanolinja, johon moottorit valmistetaan imuohjausperiaatteella.



KUVA 16. Valmis moottorimoduuli (Kuva: Tiia Rivinoja)

Suojakatot huomataan välillä kieroiksi tai istuvuus moottoripetiin on huono. Joissain tapauksissa ovet saattavat olla väärän kokoisia. Usein pienet viat pystytään korjaamaan linjalla, mutta suuret laatuvirheet vaativat aina uuden osan tilaamista. Pieniä virheitä voi olla esimerkiksi kierteiden uusiminen, maalipinnan korjaaminen tai reiän hiominen. Nämä kaikki ovat hukkaa, joista pyritään pääsemään eroon erinäisten laatu- ja kehitysprojehtien myötä.

Metsolla käynnistettiin kuukausi sitten LAPA eli laadunparannus projekti, jonka tarkoituksena on perehtyä eri osastojen laatuongelmiin niin toimittajien kuin omienkin osien kanssa. Projektin yhtenä tavoitteena on saada minimoitua hukkaa aiheuttavia laatuongelmia. Tämä edellyttää asentajilta virheiden raportoimista MES:iin, josta suunnittelijat voivat huomata ongelmat.

LAPA-projektin avulla pystytään vaikuttamaan laajasti laadun hukkaan, mutta vain välillisesti toimittajalähtöisiin laatuvirheisiin. Projekti on yksi toimenpide hukan poistamiseksi. Lisäksi hukan poistamiseksi tarvitaan hyvää kommunikointia eri työportaiden välillä. Hukan minimointiin ei ole yhtä oikeaa ratkaisua, vaan usean pienen osa-alueen kehittäminen voi mahdollistaa suuren kokonaisuuden. LAPA:n lisäksi

yrittäksessä toimii useita eri tiimejä, jotka kukin alueellaan pyrkii vaikuttamaan turhan työn vähentämiseen.

#### 4.2.4 Settilavat

Settilavat kuvassa 17 on otettu käyttöön tuomaan tuotantoon enemmän JIT (Just-In-Time)-ajatusmallia. Niiden avulla on pyritty poistamaan turhia välivarastoja ja ne toimitetaan vasta silloin kun toiminnanohjausjärjestelmä SAP:issa (System Application & Product) on määräytynyt työlle aloituspäivä. Lavat tuodaan Messukylän päävarastolta Lokomonkadun logistiikan vastaanottoon, josta ne siirretään moottorisoluun aloitusta edeltävänä iltana.



KUVA 17. Settilava (Kuva: Tiia Rivinoja)

Kuvassa 17 näkyvät pystyosat ovat moottorin ovet ja katot. Niille on esitetty jo ehdotus, että ne tulisivat suoraan työn viimeiselle vaiheelle omalla lavallaan, jossa kiinnitys työvaiheiden mukaisesti tapahtuu. Tämän avulla pyritään poistamaan mahdollisia kuljetuksessa aiheutuvia laatupoikkeamia, kuten vääntymisiä.



KUVA 18. Settilavan pienet osat (Kuva: Tiia Rivinoja)

Asemakohtaisesti vaadittavat osat kulkevat settilavakärryissä läpi moottorisolun, mutta komponenttien järjestelmällisyys puuttuu, kuten kuvasta 18 voidaan huomata. Tavarat on laitettu lavalle varaston keruujärjestyksessä, joka ei ole käyttöönoton kannalta järkevä. Joskus epäjärjestys saattaa aiheuttaa pienempien osien vahingoittumisen. Lisäksi asentaja joutuu useaan otteeseen siirtelemään osia etsiessään juuri sillä hetkellä tarvitsemaansa osaa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on muokata lavat selkeiksi, jotta pystytään parantamaan materiaalivirtausta. Yksinkertaiset ja siistit settilavat helpottavat asentajan työtä sekä antaa keräilylle mahdollisuuden asettaa tavarat järkevään järjestykseen. Epäkäytännölliset lavat ovat turvallisuusriski, joka muutoksella pyritään poistamaan.

#### 4.2.5 Hyllyyn varastointi

Kuvassa 19 on moottorilinjan lähivarasto, johon tuotteita tuodaan eri hyllypalveluiden kautta. Varastoon on kertynyt laatikoita joiden nimikkeitä ei enää käytetä, joten tämän opinnäytetyön yksi osa-alue on siistiä varastoa selkeämmäksi. Lähivaraston yhteydessä on hydraulikkaletkuille omat paikkansa, jotka täytetään hyllypalvelun kautta. Letkut on lähtökohtaisesti vain moottorilinjan käytössä.





KUVA 19. Moottorilinjan lähivarasto (Kuva: Tiia Rivinoja)

Varustelualueella on osakokoonpanojen osille sekä valmiille osakoonnille omat varastonsa. Kuvassa 20 on valmiiden komponenttien hylly, jota tullaan kehittämään tämän työn aikana monipuolisemmaksi. Osakokoonpanoilla pystytään nopeuttamaan linjan moottoreiden asennusaikaa.



KUVA 20. Osakokoonpanojen varasto (Kuva: Tiia Rivinoja)

#### 4.2.6 Vaiheistus

Tällä hetkellä moottorisolun jokaiselle koneelle on suunniteltu neljä eri asemaa, jotka toimivat päävaiheina. Kaikilla vaiheilla on omat alityövaiheet, joiden valmistumiset ja mahdolliset ongelmat kirjataan MES:iin. Sieltä tieto ohjautuu eri teiden kautta SAP:iin. Toiminnanohjausjärjestelmä SAP:in kautta pystytään tarkastelemaan jokaisen vaiheen tuntidataa ja vertaamaan kulutettuja tunteja arvioituihin tunteihin. Esimerkkinä taulukkoon 2 on sijoitettu jokaiselta konemallilta käytettyjä tuntimääriä.

TAULUKKO 2. Tuntidata asemittain eri konemalleilla

Asemat	ST2.4 (h)	ST2.8 (h)	ST3.5 (h)	ST3.8 (h)	ST4.8 (h)
1.	6.57	11.35	7.61	13.14	11.47
2.	9.55	10.81	11.09	21.49	15.64
3.	12.61	14.85	15.82	15.1	16.04
4.	11.87	15.59	7.68	17.24	13.64

Tuntimäärät ovat jokaiselta mallilta viiden eri tilauksen perusteella laskettuja keskiarvoja. Taulukon tiedoista ei kuitenkaan selviä kuinka monta työntekijää on milloinkin ollut tekemässä vaihetta, eikä mahdollisten optioiden tai poikkeamien määrää. SAP:iin on arvioitu jokaiselle alivaiheelle kuluva aikaa. Arviointi jokaiselle alityövaiheelle on mietitty yhdessä asentajien kanssa.

Asemittain arvioitujen tuntien määrää voidaan tarkastella taulukossa 3. Taulukkoon on laskettu keskiarvot samalla tavalla kuin taulukon 2 konemalleille, eli samoille tilauksille asetetut arvioajat ovat nyt verrattavissa käytettyyn aikaan.

TAULUKKO 3. Arvioitu tuntimäärä asemittain eri konemalleilla

Asemat	ST2.4 (h)	ST2.8 (h)	ST3.5 (h)	ST3.8 (h)	ST4.8 (h)
1.	8.94	9.85	10.3	11	13.1
2.	8	9.6	10.7	10.3	12.4
3.	13	13	14	13.3	17.1
4.	9.83	8.9475	11.03	11.33	13.9

Taulukkovertailussa (ks. taulukot 2 ja 3) voidaan huomata, ettei koneiden välillä ole selvää yhtenäistä linjaa. Osa malleista täyttää hyvin arvioidun tuntimäärän, osa taas menee yliajalle, kuten esimerkiksi konemalli ST2.4 ylittää arvion kaikilla muilla asemilla, paitsi ensimmäisellä. Alivaiheisiin kuuluvien optioiden arvioitu tuntimäärä vaihtelee moottorimallista riippuen.

Opinnäytetyön osana pyritään muokkaamaan vaiheistusta järkevämmäksi ja mietitään uusiin vaiheisiin kuluva työaika uudelleen. Tässä osiossa on huomioitava myös uuden T4 Final -moottorimallin vaatimat osat ja niiden kokoamiseen kuluva aika (ks. kuvio 6).



KUVIO 6. Toimintamalli (Kuvio: Metso 2016)

### 4.3 Materiaalien hallinta

Moottorisolussa käytetään kaikkia Metso Mineralsin neljää materiaalienohjaus käytäntöä. Ohjaustapoihin kuuluu backflush-, visuaalisesti ohjattavat-, MRP-, ja hyllypalvelu- nimikkeet. Osien varastopaikalla on merkittynä ohjaustapa, paikka ja nimike kuten kuvassa 21.

VARASTOAIKKA	VARASTOAIKAN DESCRIPTION	INVENTOINTITIE TO
MATERIAALITUNNUS	TAVARANTOIMITTAJA	ERÄKOKO
	MATERIAALIN NIMI	
	OHJAUSTAPA JÄRJESTELMÄSSÄ	BACKFLUSHTIETO
SM01	MI-08-A	INVENTOIDAAN!
340897-1220	BUSHING M12 14/20X20@	
	FI05: MRP with s.stock	Backflush
M004	MA-05-B	EI INVENTOIDA!
706300788990	CNNCTN 5C6MXS	
	FI10: Hyllypalvelu	
M206	MI-08-A	EI INVENTOIDA!
N02102010	NOZZLE UNIJET B1/4 TT + TX-3	Eräkkö: 100
	FI09: Visuaalisesti ohjattava	
M206	MI-08-A	INVENTOIDAAN!
MM0209289	PIPE SUPPORT	
	FI01: MRP	

Laatikon väri

KUVA 21. Materiaalien ohjaus (Kuva: Metso 2016)

Hyllyyn tuotava pultti- ja kiinnitystavara täytetään kerralla ilman tarkempaa tarpeen arviointia. Hyllypalvelusta täyttäjä käy viikoittain tarkastamassa laatikoiden sisällön, ja täyttää ne tarpeen vaatiessa. Nämä tuotteet ovat punaisella merkatuissa tarroissa ja punaisissa täyttölaatikoissa.



### 4.3.1 Hyllyynkanto

Liittimet ovat osia, jotka tuodaan varastoon hyllypalvelun kautta. Ne ovat usein lopussa kaikilta varastopaikoilta. Täytön tarvetta arvioidaan viikoittain tarkastuskäyntien yhteydessä. Opinnäytetyön aikana pyritään selvittämään miksi ne loppuvat, ja kehitetään parempi ratkaisu sen toimivuuteen. Yhteistyö hyllypalveluiden kanssa mahdollistaa kehityksen. Esimerkiksi visualisoinnin lisääminen on kaikille selkeä ratkaisu, joka on helppo toteuttaa. Nykyiseen menelmään voidaan suunnitella vaihtoehtoista käytäntöä, jonka avulla hyllyn täyttötarve selkeytyy.

Eri ohjaustavoilla on eriväriset laatikot, joita voidaan tarkastella kuvassa 22. Esimerkiksi liittimien toimittaja tuo tuotteet punaisissa laatikoissa, ja Metson omat visuaalisesti ohjatut komponentit on keltaisissa laatikoissa. Punaiset laatikot sisältävät osia, joiden täyttö tapahtuu hyllypalvelun katsoessa sen tarpeelliseksi. (Hynninen. 2016.)



KUVA 22. Eri ohjaustavoilla täytetyt laatikot (Kuva: Tiia Rivinoja)

### 4.3.2 Backflush ja MRP

Backflush -tuotteet on varastoitu Metsolla sinisten ohjauskorttien laatikoihin, ja on tarkoitettu vain tiettyjen alueiden käytettäväksi. Backflush-osa ei tule logistiikan keräilylistalle, vaan on automaattipoiminnan piirissä eli järjestelmä poimii osan automaattisesti SAP:iin päivittyneiden tietojen perusteella. Backflush on osa MRP-

ohjattuja nimikkeitä, jotka tarpeen mukaan ohjataan päävarastolta tuotantoalueiden käytettäväksi. (Viljanen 2016.)

Saldonimikkeet, joista vastaa materiaalihuolto, ovat MRP-ohjattuja nimikkeitä. Nämä nimikkeet merkitään vihreällä värillä laatikoiden ohjaustarroihin. Logistiikan työnjohto vastaa päivittäin materiaalihuollolle annettavista poimintalistoista, joiden perusteella hyllytätöt toteutetaan. (Hynninen 2016.)

### **4.3.3 Visuaalinen ohjaus**

Visuaalinen ohjaus on kaikille ymmärrettävä ja helppo materiaalien ohjaustapa. Yleisin visuaalisen ohjauksen ilmentymä on kanban -kortit. Ohjaustavan tavoitteena on ilmoittaa juuri oikeaan aikaan tilausrajan kohdalla uusi tarve. Tilausrajat ovat ennalta asetettuja raja-arvoja.

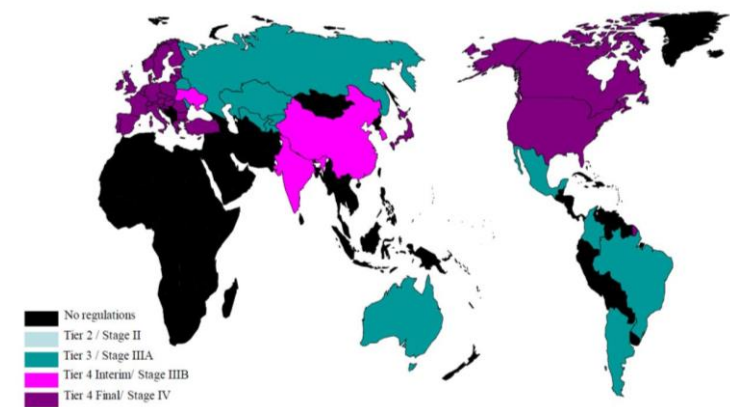
Visuaalista seuranta voidaan käyttää tuotannossa esimerkiksi kahden laatikon ohjauksen hoidossa. Ohjaustapa ohjaa nimikkeen kahteen eri laatikkoon samalle hyllypaikalle. Kun ensimmäinen laatikko tyhjenee, tilataan täydennystä tyhjentyneestä laatikosta löytyvän kortin tietojen perusteella. Tasaisesti tuotannossa virtaavia nimikkeitä voidaan helposti varastoida kahden laatikon ohjauksella. (Nieminen 2015.)

Metsolla varaston keltaiset laatikot ovat kaksi laatikko-ohjauksen laatikoita, jotka eivät ole inventoinnin piirissä. Kaksilaatikko- ohjaus moottorilinjan varastopaikoilla toimii siten, että samaa tuotetta on vierekkäin hyllyssä kahdessa eri laatikossa. Laatikot sisältävät ohjauskortit, jotka asentaja kuljettaa moottorisolun päässä sijaitsevalle korttipaikalle.

## **4.4 Tier 4 Final**

Vuodesta 1990 lähtien Euroopassa on ollut olemassa liikkuvien työkoneiden pakokaasupäästöjä koskevaa lainsäädäntö. Sen viisiosainen vaihekaava antaa määräykset moottoreiden päästöjen asteittaisesta vähentämisestä. Päästöjen vähentämisen vaiheita nimitetään Euroopassa nimillä Stage tai Stufe (I, II, IIIA, IIIB, IV) ja Yhdysvalloissa

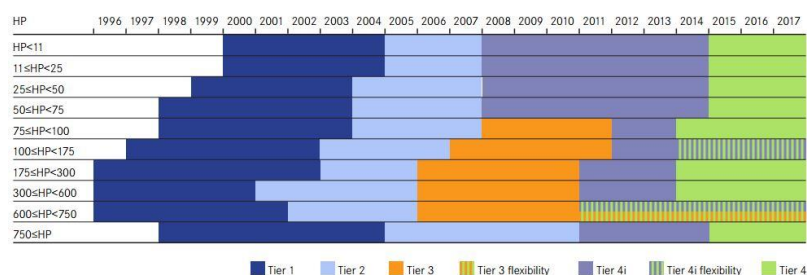
nimellä Tier (1,2,3,4 interim ja 4 final). (Motivan hankintapalvelu 2013.) Kuvan 23 päästökartasta voi havaita, kuinka päästöluokitukset jakautuvat.



KUVA 23. Päästökartta (Kuva: Metso 2016)

Uusin luokitus Tier 4 Final/Stage IV nähdään violettina värinä, ja se tulee kasvamaan kartassa vielä lyhyen ajan sisällä. Päästölainsäädännön mukaisia muutoksia on esitelty vuosikohtaisesti taulukossa 4. Päästöraajat riippuvat moottorin tehosta (HP) ja maasta. Koneiden päästöjen pitäminen raja-arvojen sisällä vaatii varustelua pakokaasuja vähentävillä ja puhdistavilla tekniikoilla.

TAULUKKO 4. Päästötaulukko



Taulukosta 4 nähdään, kuinka eri tehoisten koneiden päästöluokitus on vaihtunut vuosien aikana. Raidallinen väri 100-150 HP ja 600-740 HP tarkoittaa joustavuutta uusimpien päästöluokitusten välillä. Eri maat päivittävät vaatimustasojaan eri aikaan, mikä tarkoittaa, että täytyy osata reagoida ajoissa muuttuviin tilanteisiin. Moottorisoluun istutettavan uuden moottorin 3D- mallin suunnittelu on vielä alkuvaiheessa, joten sen vaiheistuksen suunnittelu tulee olemaan haasteellista. Opinnäytetyön aikana tavoitteena on saada uudelle C 4.4 T4F- mallille mahdollisimman hyvä tahtiaika laadittua, ja

mahdolliset lähivarastopaikat merkittyä. Mahdollisuuksien mukaan uuden mallin kanssa pyritään etenemään mahdollisimman pitkälle.

#### **4.5 Työntekijöiden haastattelu alkupalaverissa**

Aloituspalaverissa käytiin yhdessä asentajien kanssa läpi moottorisolun eri ongelmakohtia. Palaveriin osallistui kaikki moottorisolun asentajat, ja esille nousseet asiat listattiin Metson sisäiseen palvelimeen. Kaikkiin kohtiin ei tulla puuttumaan opinnäytetyön puitteissa, mutta mahdollisimman moni asia pyritään ottamaan huomioon. Aloituspalaverissa esille nousi asioita, jotka koetaan järkeväksi tehdä ensin, ja joiden pohjalta pystytään vaikuttamaan vaiheistuksiin.

Opinnäytetyössä perehdytään palaverissa käytyjen asioiden osalta osakokoonpanosolun tehokkaampaan hyödyntämiseen varastohallinnan kautta. Lisäksi tavoitteena on yksinkertaistaa settilavoja asennuksen nopeuttamiseksi. Kun nämä kaksi asiaa saadaan toimimaan, voidaan miettiä vaiheistusta järkevämmäksi. Vaiheistusta järkevöittämällä voidaan tehostaa materiaalivirtausta.

Lavoilla on vielä komponentteja, jotka näkyvät vaiheilla koottavina kokoonpanoina. Ne siirtyvät osakokoonpanoon, kun uusi varastolista viedään läpi Messukylän varaston kanssa. Läheinen yhteistyö asentajien kanssa mahdollistaa näkemään asian heidän tarpeiden mukaisesti ja ratkaisut tulevat olemaan käytännönläheisiä. Asentajille esitettiin yrityksen etuja ajatellen erilaisia muutosehdotuksia, joihin otettiin kantaa oman työn helpottamiseksi linjalla.

## 5 TULOKSET

Lähtökohta- osiossa selvitettyihin ongelmiin ja pullonkauloihin tehtiin mahdollisimman paljon tämän työn aikana. Työ oli aineistolähtöinen eli kvalitatiivinen tutkimusprosessi, joka aloitettiin nykytilanselvityksen jälkeen mahdollisten ratkaisumenetelmien hahmottamisella. Aluksi selvitettiin kaikki osat, joita osankokoonpanot pitävät sisällään. Listojen läpikäynnin jälkeen tarkastettiin osien varastopaikat. Asentajien kanssa pohdittiin, kuinka työssä kannattaa edetä, ja mitkä muutokset ovat tärkeitä virtauksen nopeuttamisen kannalta.

Jotta materiaalivirtausta voidaan parantaa, on voitava tehdä muutoksia. Tarvittavat toimenpiteen virtauksen kehittämiseksi aloitettiin varastosta. Varastotarkastelun jälkeen voitiin tarkastella settilavoja ja lopuksi vaiheistuksia. Varusteluruudun hyödyntämiseksi settilavojen ja varaston tuli olla kunnossa, jotta toteutus oli mahdollista. Settilavoilla tuodaan JIT-periaatetta (Just-In-Time) näkyviin. Lavoja muokattiin opinnäytetyö aikana yksinkertaisemmiksi. Lähivarastoon on tarkoituksena saada FiFo (First-in -First-out) - ajatusmallia enemmän yhteistyössä hyllypalvelun kanssa.

### 5.1 Varastointi

Materiaalivirtauksen kehittäminen oli yksi insinööriyön päätavoitteita. Lähivarastosta poistettiin kaikki tarpeeton ja luotiin järkevä järjestys niin asentajalle kuin hyllypalvelullekin. Kaikki pienet osat poistettiin settilavoista, joista osa varastoidaan jatkossa moottorisolun läheisyyteen kuormittamatta varastoa liikaa. Lähivarastoa päivitettiin Leania mukaillen, ja vaiheistus uusittiin uuden asemaratkaisun avulla.

Metsolla hyvässä vaiheessa oleva 5S- käytäntö oli läheisesti työn taustalla. Varastojen nykytilatarkastelun pohjalta tehtiin sortteerausta ja systematisointia selkeyttämisen vuoksi. 5S- menetelmän toimivuuden ansiosta materiaalivirtausta saatiin kehitettyä entisestään, ja varaston läpimenoaikoja tarkasteltiin uuden ohjaustavan myötä. SAP- ja Aton -ohjelmista oli apua osien siirtomahdollisuuksien tarkastelussa.

Muutosta tehdessä oli huomioitava tuotannonsuunnittelun kanssa osien allokointi eli tuotteiden käyttöönotto vaiheittain. Materiaali liikkui paljon muutoksien myötä, joten yhteistyö oli tärkeää. Nykyiseltä settilavalta osia siirrettiin varustelun varastoon, linjan lähivarastoon sekä varustelun omalle settilavalle, joka suunniteltiin opinnäytetyön aikana.

### 5.1.1 Hyllyt

Hyllystä asentajan on helppo käydä hakemassa varustelussa koottuja osakomponentteja työvaiheen sitä vaatiessa. Varastoinnin tarkoituksena on toimia FiFo -ajattelumallin mukaisesti. Tuotteet on käytetty, kun vaihe kuitataan valmiiksi. SAP:iin ohjautuva tieto valmistumisesta antaa tiedon hyllyn täytön tarpeesta. Jotta varastoa voidaan hyödyntää tehokkaimmalla mahdollisella tavalla, osat siirrettiin vaiheiden mukaan lähemmäksi asentajia. Varaston ja settilavojen tarkastelussa noin 100 nimikettä sai uuden paikan, ja näiden lisäksi osa nimikkeistä poistettiin kokonaan hyllystä.

Visualisoinnin kannalta järkevin ratkaisu oli luoda kaksilaatikko- käytäntö hyllyjen liittimille ja käyttöosille, sillä niissä on ollut usein puutteita. Varastohylly korvattiin suuremmalla läpivirtaushyllyllä (ks. kuva 24), jotta ohjaustapa oli mahdollista toteuttaa. Muutos toteutettiin yhdessä hyllypalveluiden kanssa, ja palvelu huolehtii itse laatikko-ohjauksen toiminnasta.



KUVA 24. Läpivirtaushyllyn 2 laatikko-ohjaus (Kuva: Intolog 2016)

Linjalla tuotteita täytetään jatkossa enemmän hyllyyn takakautta, jotta ajattelumalli toteutuu. Varastopaikat määritellään jatkossakin layoutin mukaan. Läpivirtaushyllyn asennuksella edistetään materiaalivirtausta, kun käyttö tapahtuu eri puolelta kuin täyttö, ja tarve huomataan helposti. FiFo -periaatetta saadaan tehokkaammaksi kaksilaatikko-ohjauksen avulla.

Intologin (2016) kuvastoa apuna käyttäen linjalle valittiin sopivan kokoiset uudet hyllyt sekä laatikot. Hyllysuunnittelussa tehtiin tarkat laskelmat hyllyjen koosta ja laatikoiden määrästä linjalla tehtyjen mittausten perusteella. Muutoksista tehtiin tilaus- ja ostopyyntö sekä lähetettiin tieto hyllypalveluille. Uudet hyllyt tilattiin linjan varastoon sekä varustelun varastoon, jolloin hyllypalvelut tulevat jatkossa mukailemaan samaa käytäntöä.

Varastoa ei kasvatettu liikaa, vaan eräkoot arvioitiin kulutuksen mukaan. Kaksilaatikko-ohjaus kontrolloi turhan täyttämisen, sillä laatikkoon ei tehdä täyttöä, ellei impulssia tarpeeseen ole tullut tyhjentyneen laatikon perusteella. Tällöin varaston kiertonopeus säilyy järkevänä, eikä varastoon sitoudu turhaa pääomaa. Kustannuksia saadaan pienennettyä, kun osia tilataan kerralla tarpeen mukaan eikä valmiiksi varastoon.

Muutoksen myötä pyritään minimoimaan osapuutteista johtuvat poikkeamat linjalla, joka ennen on ollut viikoittain esiintyvä ongelma sekä yksi juurisyy linjan seisahtumiseen. Ohjausmenetelmän täydennystarvetta on helppo seurata, ja se toimii paremmin kuin edellinen silmämääräinen arvio täytön tarpeesta.

### **5.1.2 Lavat**

Settilavoista luopuminen olisi ideaalitilanne, mutta tässä tapauksessa mahdotonta, sillä Metso haluaa varastoida suuret osat Messukylään ja tuoda tarvittavat osat suoraan työlle sieltä Just- In- Time -periaatteen mukaisesti. Taulukossa 5 arvioitiin SWOT-analyysin avulla settilavojen muutostarvetta.

### **TAULUKKO 5. SWOT-analyysi**

	+	-
	<b>VAHVUUDET</b>	<b>HEIKKOUEDET</b>
Nykyinen lava	<b>S</b> -tarpeisiin räätälöity -kevyt rakenne -liikuteltavuus	<b>W</b> -osien istuvuus -tila -ulkomuoto -suojaaminen -visuaalinen näkymä
Uusi lava	-osien jaottelu -muokattavuus -kevyt rakenne -suojaaminen	-hinta -muut muutokset
	<b>MAHDOLLISUUDET</b>	<b>UHAT</b>
Nykyinen lava	<b>O</b> -lavan rakenne -käytön jatkuminen	<b>T</b> -laatuvirheiden lisääntyminen -työergonomia
Uusi lava	-laatuongelmien minimointi -universaali malli -työn mielekkyys	-variaatioiden määrä -ennustettavuus -soveltuvuus

Taulukkoon 5 hahmoteltiin nykyisen ja uuden lavan positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia. Analyysin avulla nähtiin järkeväksi muokata settilavoja siten, että materiaalivirtausta pystytään kehittämään. Settilavoja yksinkertaistettiin siten, että osien hakeminen lavalta on nopeaa ja helppoa. Lavan osat jaoteltiin vaiheiden mukaiseen järjestykseen.

Jo olemassa olevia lavavariaatioita mitattaessa huomattiin muokkauksen olevan hankalampaa kuin uuden valmistaminen. Uudelle lavalle asetettiin vaatimuksia, jotka suunnittelussa otettiin huomioon. Huomioitavia tarpeita oli:

- osien kerrostaminen
- kääntyvät pyörät joka nurkkaan
- lukkiutuva apupöytä
- ovien ja kattojen paikoitus



- poistettava pystyosa
- trukilla nostaminen.

Settilavaa uusittiin siten, että osat ovat omissa kerroksissaan vaiheiden mukaisesti. Viimeisenä tulevat osat ovat kerroksissa alimpana, ja kerrosten välissä on pois nostettava välipohja. Settilavasta rakennettiin protolava, jonka avulla pystyttiin miettimään tulevaisuuden settilavalle tarvittavia muutoksia.

Uusi lava mukaili murskakokoonpanossa vuosi sitten uusittuja lavoja, mutta kooltaan tämä oli suurempi. Vaikka koko olikin suurempi, moottorikokoonpanon kevyet osat eivät vaatinut järeää ratkaisua. Tuloksena rakennettiin universaalin malli, jota voidaan tarpeen mukaan muokata helposti. Ovet ja katot ovat haasteellisia, mikäli niitä ei saada poistettua lavoilta. Uuden lavan on tarkoitus olla kompaktimman kokoinen ja hupullinen, jotta osat pysyvät suojassa ulkotiloissa. Protolava suunniteltiin siten, että ovet ja katot eivät tule sen mukana.

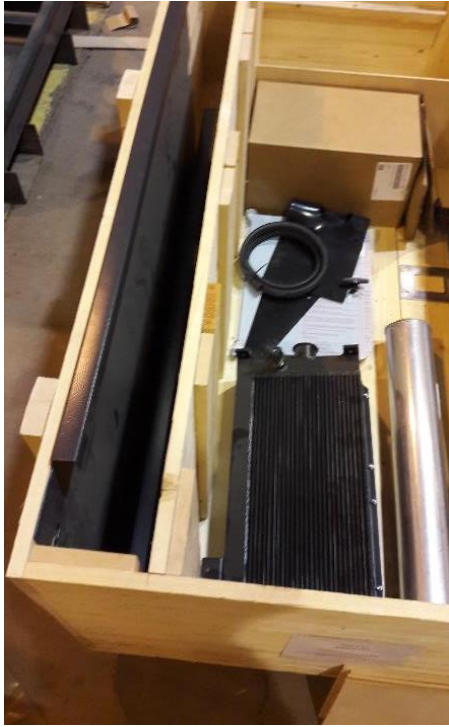
Yhdessä LT-moottorikokoonpanon työntekijöiden kanssa suunniteltiin protolava, jota voidaan hyödyntää molempien osastojen moottorikokoonpanossa. Lava jaettiin lokeroihin, jotka voidaan poistaa moottorivariaatiosta riippuen. Lokerot suunniteltiin ylä- ja alakerrokseen, ja kerroksien väliin rakennettiin välipohja. Välipohja pystytään helposti nostamaan pois. Kuvassa 25 on esitelty protolava.



KUVA 25. Protolava (Kuva: Tiia Rivinoja)

Tier 4 Finalin uusi malli sisältää paljon osia, joita ei nykyisissä koneissa ole. Moottorimallin osille tehtiin omat varastopaikat, ja varusteluun suunniteltiin valmiiden komponenttien asennuspaikat sekä valmiit hyllypaikat. Settilavamuutoksissa huomioitiin uuden mallin osille tarvittava tila. Kun lava on muokattava, on mahdollisuus tehdä muutoksia moottorimalleihin ilman, että tarvitaan uutta lavaa.

Protolavaa testattiin päävarastolla molempien moottoriosastojen osien kanssa. Kuvissa 26 ja 27 nähdään ST:n osien sijoittelua lavassa. Protolavaa voidaan verrata aiemmin esitettyyn settilavaan (ks. kuvat 15 ja 16) ja todeta poistettujen tuotteiden ja uuden sijoittelun tuovan lavalle selkeyttä.



KUVA 26. Protolavan alakerros vaiheiden mukaisesti (Kuva: Tiia Rivinoja)



## KUVA 27. Protolavan ylempi kerros vaiheiden mukaisesti (Kuva: Tiia Rivinoja)

Osat sijoitettiin lavalle asennuksen työjärjestyksen mukaisesti, joten työntekijöiden ei tarvitse enää siirrellä osia pois tieltä. Oikein pakattuna tuotteet säilyvät laadukkaina ja työ nopeutuu. Keräilylistan päivittämisestä keskusteltiin tuotannonsuunnittelun kanssa.

Taulukosta 5 voidaan huomata uuden lavan tekemisessä olevan uhkana soveltuvuus kaikille moottorivariaatioille. Lavan soveltuvuutta voidaan arvioida vasta, kun kaikkia malleja on valmistettu linjalla. Uudella lavalla pyritään poistaa vanhan lavan heikkoudet ja minimoimaan kuljetuksista aiheutuneita laatuvirheitä.

### 5.2 Varustelu

Settilavoja oli järkevämpi tehdä kaksi mallia, joista toinen tilataan suoraan varustelupaikalle ja toinen linjalle tarpeen mukaan. Jotta varustelua eli osakokoonpanoa, päästään hyödyntämään järkevästi, sillä on oltava oma keräilyvaihe. Osakoonnan oma keräilyvaihe luotiin, kun osalistasta saatiin käytyä läpi osakoontaan siirtyvien osien nimikkeet. Messukylän varastolla tehtävä keräilyvaihe ei vaikuta asemien vaiheisiin eikä siksi tuotteen läpimenoaikaan.

Yritykselle edullisin ratkaisu oli asetella osakoontaan settilavalla menevät osat eurolavalle siten, että ne eivät kolhiinnu kuljetuksessa. Eurolava on hyvä ratkaisu, sillä niitä saadaan lastattua autoon useampi lava kerralla sekä niitä on valmiina päävarastolla. Kuvaan 28 hahmoteltiin osien järjestys, ja informoitiin päävarastoa muutoksesta.



KUVA 28. Osakoonnan settilava (Kuva: Tiia Rivinoja)

Varusteluruutua on helpompi kehittää, jos tuotteita saadaan nykyistä aiemmin omaan varastoon. Lähtökohtaisesti suurin osa tuotteista on tullut Messukylästä settilavoilla suoraan työlle. Muutoksena Messukylään lähetettiin lista nimikkeistä, jotka halutaan omaan varastoon. Niille luotiin omat varastopaikat varustelusolun luokse ja muokattiin nykyistä menetelmää uusien paikkojen toteuttamista varten.

Alkuperäisiä suunnitelmia tarkasteltaessa voitiin todeta, että suuri määrä moottorivariaatioita saisi varaston täyttymään liiakseen. Konemalleja ei pystytäkään ennustamaan, ja niistä tiedetään viikon syklillä vain muutamia. Tämä hankaloittaa puskuriin valmistamista, joten ratkaisuna luotiin puolivalmiita osakokoonpanoja. Puolivalmisteverastoja eli välivarastoja syntyy yleensä valmistuksen pullonkauloissa (Karhunen 2014.) Tässä tapauksessa suurempien erien valmistus on kannattavampaa kuin suoraan työlle tekeminen, joten välivarasto on tarpeellinen. Nämä kokoonpanot ovat sellaisia, että ne vaativat täydennyksenä muutamia liittimiä tai lohkoja konemallista riippuen eli työ nopeutuu huomattavasti.

Puolivalmisteilla pystytään nopeuttamaan työtä, ja niihin käytetyt osat kirjautuvat saldolta käytetyiksi asentajan kirjattua linjalla vaihe valmiiksi. Saldon päivityttyä tiedetään mahdollinen täydennystarve, jolloin uusia puolivalmisteita tehdään työmääräimen mukaisesti tarpeelle ennakoon arvioitu kappalemäärä. Kun varustelua tehdään samaan aikaan kuin moottorin asennustyötä, pystytään säästämään aikaa.

### 5.3 Työvaiheiden suunnittelu

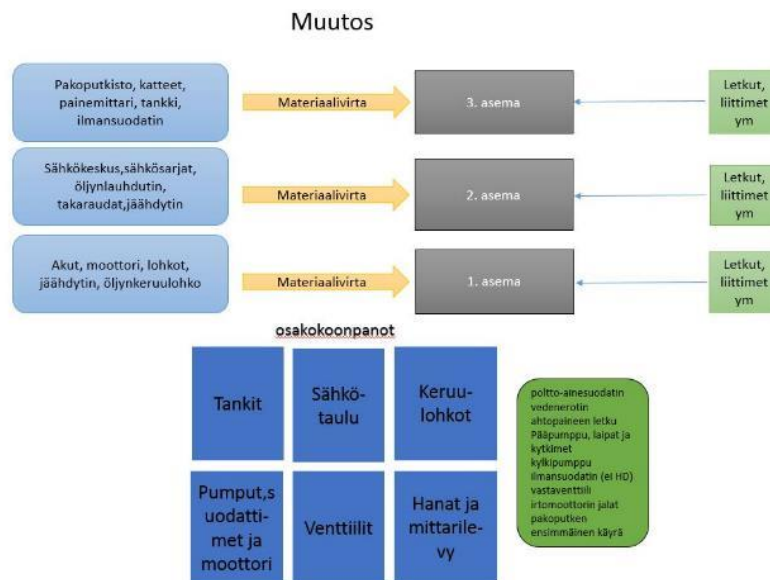
Vaiheistusten suunnittelu vaatii tarkkaa analysointia, sillä eri koneissa on eri määrä työtä. Esimerkiksi useat peräkkäiset HD -ja IC -optioita vaativat konemallit kuormittavat linjaa. Vaihetarkastelussa luotiin kaksi taulukkoa (ks. taulukko 2 ja 3), jotka käsittelevät toteutettua tuntidataa ja arvioitua tuntidataa. Taulukoiden luvut saatiin laskemalla SAP:ista viidelle tilaukselle konemallia kohden keskiarvot kumpaankin taulukkoon. Kun tietylle tilaukselle on annettu arvio ja siihen verrataan toetumaa, pystytään arvioimaan, mitkä vaiheet eivät toteudu arvion mukaisesti.

Keskiarvoja laskettaessa huomattiin, että jokaisella konemallilla on vähintään yksi asema, joka ei kohtaa arvioitua tuntidataa. Tämä vaihtelee konemalleittain, mutta eniten viivästymiä aiheuttaa vaiheet kaksi ja kolme. Esimerkiksi T4 -moottorimallin sähkötöihin aikaa kuluu tunti enemmän kuin T3 -moottorin sähköihin, jota ei ole huomioitu taulukoiden arvoissa.

Tuntidataa tarkasteltaessa on hyvä pohtia, millä ratkaisulla muutosta kannattaa toteuttaa. Moottorisolussa työskentelee suunnitellusti kaksi asentajaa yhden koneen parissa, mutta asema-päivässä-aikataulu ei täyty kahden työntekijän osalta edes tuntidata-arvioissa. Voidaan tarkastella, paljonko asentaja joutuu tekemään ylitöitä tai suoranaisesti lisätä resursseja linjalla.

Ongelmakohtien selvittämiseksi mietittiin, onko työtä mahdollista tehdä muualla ajan säästämiseksi. Tuloksena järkevämmäksi muodostui lisätä resursseja, sillä siitä hyödytään myös osakokoonpanoasemalla. Resursseja lisäämällä vaiheajat pienenevät, jonka seurauksena myös virtaus tehostuu.

Yhdeksi kehityskohteeksi otettiin vaiheiden supistaminen kolmeen vaiheeseen. Vaiheet suunniteltiin siten, että Tier 4 Finalin alivaiheet pystytään toteuttamaan myös kolmella asemalla. Tuotannonsuunnittelun kanssa muokattiin arvioitu tuntidata järkeväksi uuden vaiheistuksen mukaisesti. Kuvassa 29 on uusi vaihesuunnitelma layoutin mukaisesti.



KUVA 29. Uudet vaiheet layoutissa (Kuva: Tiia Rivinoja)

Kuvassa 29 hahmoteltiin settilavojen paikkoja eli oma lava varusteluun ja oma jokaiselle vaiheelle juuri tarpeen mukaan. Settilavamuutoksilla sekä osakokoonpanoilla pystytään vaikuttamaan paljon vaiheiden sujuvuuteen. Nykyiset alityövaiheet suunniteltiin asentajien työjärjestyksen mukaisesti, joten niiden sekoittaminen tuottaisi ongelmia työn joustavuudessa.

Uutta vaiheistusta voidaan kokeilla heti kun settilavat ja varasto ovat kunnossa. Kun kaikki muutokset on tehty, osakokoonpanot voidaan aloittaa ajoissa ja vaiheiden mukaiset työt nopeutuvat. Tulevaisuudessa kolmen aseman työvaiheet vaativat materiaalin oikea-aikaista kulkeutumista, jotta pystytään kokonaisläpimenoaika supistamaan nykyisestä neljästä asemasta kolmeen.

Tier 4 Final -mallissa alivaiheita tulee enemmän. Letkuja tulee olemaan vähemmän mutta sähköjä ja komponentteja enemmän, mikä tarkoittaa huolellista tarkastelua kokoonpanojärjestyksissä. Molemmat näistä on pyrittävä asentamaan siten, ettei ristikkäisyyksiä tule. Ristikkäin kytketyt letkut rikkoutuvat helposti hankautuessaan toisiinsa.

## 6 KEHITYSEHDOTUKSIA

Linjakokoonpanoa on mahdollista kehittää jatkuvasti tarkkailemalla läpimenoaikoja ja vaiheiden tuntidatoja. Jotta toiminta on virtaavaa, on laadun oltava hyvää ja materiaalin kuljettava tarpeen mukaisesti. Messukylän varastolle olisi hyvä saada jokaisen settilavan kohdalle keräilylista, johon merkitään mahdolliset puuttuvat tuotteet. Asentaja pystyy ennakoimaan lavan saapuessa tilanteeseen heti, ja näin organisoimaan työtään. Listan lisäksi olisi hyvä olla kuvat Messukylässä jokaisesta variaatiosta, jonka he voivat ottaa mukaan keruuseen ja nähdä järkevän settiasettelun siitä.

### 6.1 Muutoksia linjalle

Moottorilinjan osakokoonpanon hyödyntäminen mahdollisimman järkevästi vaatii enemmän resursseja. Miehitystä lisäämällä virtaustehokkuus kasvaa. Ehdotuksena linjan asemilla olisi hyvä olla viisi työntekijää vakituisesti, joista jokainen vuoroviikoin työskentelisi varustelussa työntekijän apuna, tai yksi siirtyisi vakituisesti varusteluun. Kiireellisissä vaiheissa osakoonnasta voidaan lainata asentaja apuun ilman työn katkeamista, kun osakokoonpanoja tekee kaksi asentajaa.

Poikkeamia tarkasteltaessa huomattiin, että laatupoikkeamia on paljon eri koneilla. Settilavamuutoksilla pyritään poistamaan niistä osa, mutta asennuksessa olisi hyvä selvittää vielä, mitkä asiat kuuluvat minkäkin poikkeaman piiriin, jotta tulokset olisivat mahdollisimman realistisia.

Sähkötöiden helpottamiseksi olisi hyvä, jos kaikki liitokset olisivat pistokkeita. Kiinnitykset nopeutuisivat, jos esimerkiksi kaapeleiden välillä olisi pistokkeita eikä vain yhtenäistä sähkökaapelia, jonka reitittäminen on hankalaa. Sähkökuvat kaipaavat myös päivittämistä jokaisen konemallin kohdalla. Muissakin työohjeissa on vielä paljon työstettävää, ja yksi suurista ongelmista on työskentely pelkästään tiedon varassa. Apuun hälytettävät vuokratyömiehet eivät pysty vielä työskentelemään itsenäisesti linjan alusta loppuun näiden ohjeiden avulla.

Jotta moottorisolun tilaa pystyttäisiin hyödyntämään mahdollisimman hyvin, olisi uusi kattonosturi hyvä hankkia. Tällä hetkellä nosturi ulottuu vain puoleen alueen leveyssuunnassa. Jos uusi nosturi saataisiin, pystyttäisiin takaraudat sijoittamaan uudelleen, ja tilaa vapautuisi kulkemiseen.

## 6.2 Layout

Koko moottorisolun layoutia tulisi muuttaa hieman, jotta kulkeminen on helpompaa. Tämän hetkinen layout voidaan nähdä liitteessä 2, johon nuolilla on tuotu esiin materiaalin virtaussuuntaa. Linjalle on jäänyt turhia hyllyjä, jotka olisi hyvä purkaa tilan vapauttamiseksi. Osakokoonpanohyllyn siirtäminen puoleen väliin linjaa antaisi mahdollisuuden hyödyntää sen varastopaikkoja myös päälinjan rungon varustelussa.

Osa moottorisolun letkuista on kerällä suurilla rullilla, jotka vievät todella paljon hyllytilaa. Näiden tilalle olisi hyvä saada kompaktimpi ratkaisu, josta asentaja voi suoraan vetää leikattavan pätkän leikkurille. Paremmilla pakkauksilla säästettäisiin tilaa ja aikaa. Letkuhyllyt voisi yhdistää yhdeksi pitkäksi hyllyksi, jotta turhaa liikkumista saadaan poistettua. Hyllytilauksen yhteydessä tilattiin uudelle letkuhyllylle pidemmät poikkipalkit, jotta yhdistäminen on mahdollista.

Opinnäytetyön aikana piirrettiin nykyisen layoutin lisäksi kaksi ehdotusta, jotka löytyvät liitteistä 3 ja 4. Ehdotetuissa muutoksissa on huomioitu uudet tilatut hyllyt. Layouteissa on poistettu turhaa, ja mietitty järkevää kulkua hyllyille kaikkien kannalta. Molemmissa ehdotuksissa on huomioitu uusille settilavoille tarvittava tila sekä järkevä materiaalivirtaus.

Uusien layoutien avulla on pyritty selkeyttämään materiaalivirtausta. Tarkoituksena on saada virtaus kulkemaan yhteen suuntaan. Lähtötilanteessa materiaalivirtausta tapahtui edestakaisin, joka ei ole Leanin mukaista toimintaa. Layoutin toteuttaminen olisi helpompaa, jos linja olisi uusi tai tyhjänä. Muutoksissa oli huomioitava maahan pultattujen pöytien ynnä muiden ratkaisujen liikuteltavuuden mahdottomuus. Muutosten tarkoituksena on täyttää hyllyt eri puolelta kuin osien käyttöönotto ja näin siirtää hyllypalvelun työntekijä asentajien tieltä hyllyn toiselle puolelle.



### 6.3 Settilavat ja päävarasto

Settilavoista tehtiin proto-versiot. Niiden kehityksessä tarvitaan mukaan lopullisten lavojen valmistaja, kun muutostarpeet on kirjattu tietokantaan. Toimittaja, joka tulee lavat toteuttamaan, tarvitaan seuraamaan myös keräilyä Messukylään. Protolavan avulla on helppo näyttää esimerkkiä ja muutoksia tulevaa lavaa varten. Muutoksia on esimerkiksi pitkien sivujen saranointi sekä rungon rakenne.

Osakoontaan menevänä settilavana toimii toistaiseksi eurolava, mutta sen tilalle voisi miettiä esimerkiksi muovilaatikkoa, jossa on kansi. Tällöin Messukylän työntekijöillä työ nopeutuisi, kun ei tarvitse reunustaa ja huputtaa lavaa joka kerta. Tällöin myös kuka tahansa voi toteuttaa työn oikein, eikä tiedonvarainen suojaaminen unohdu.

Messukylässä työn toteuttaminen olisi helpompaa, jos kaikista konemalleista koottaisiin kuvakansio. Kansiosta työntekijä voi ottaa kuvan työn tueksi, kun settilavaa täytetään. Myös varaston uusi organisointi voisi olla tarpeen. Tällä hetkellä päävarastolla on paljon tuotteita, joiden paikat ovat epäselviä sekä kerääminen hidasta.

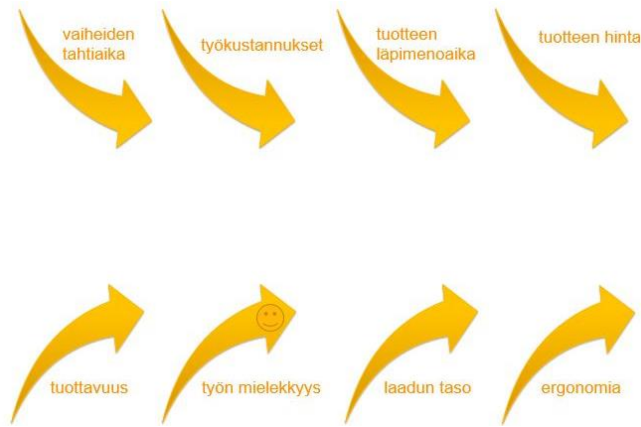
## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli uutta moottorimallia huomioiden kehittää moottorisolun materiaalivirtausta tuotantolinjalla. Materiaalivirtauksen kehittämiseksi oli huomioitava usean eri osa-alueen vaikutuksia virtaukseen. Kvalitatiivisella tutkimusprosessilla toteutettiin kehitysehdotuksia opinnäytetyön tilaajalle.

Messukylän päävarastolta siirrettäessä tuotteita solun lähivarastoon ei aiheudu lisäkustannuksia varastoinnin osalta. Järkevät varastosiirot ja settilavamuutokset helpottavat sekä nopeuttavat asentajien työtä. Vaikeuksia oli uusien varastopaikkojen etsimisessä, kun osa hyllyistä on jo tietyn hyllypalvelun käytössä, eikä se halua sinne kilpailevan yrityksen tuotteita. Yhtenäinen ratkaisu saatiin toteutettua yhteistyössä eri hyllypalveluiden kanssa muuttamalla varasto kaksilaatikko-ohjauksen piiriin, joka tuo lisää visuaalisuutta linjalle.

Teoria-osuudessa käsiteltiin hukan poistamista, johon kuului yhtenä alueena varastointi. Tässä työssä kuitenkin on järkevämpää luoda välivarasto osakokoonpanoille. Niiden avulla pystytään nopeuttamaan tuotteen läpimenoaikaa ja saamaan tuottavuus kasvamaan. Puolivalmiit osakokoonpanot mahdollistavat käytön usealla koneella. Jos osia valmistettaisiin vain suoraan tietylle koneelle, tehokkuus kärsisi, sillä variaatioita on useita. Välivarasto mahdollistaa keskeytyksettömän työn, kun asentajan ei tarvitse vaiheen alkaessa tehdä linjakokoonpanolle osakokoonpanoja.

Joustavasti etenevä tuotantolinja on yksi Leanin tarkoituksista. Kun tuote ja materiaali saadaan virtaamaan nopeammin, virtaustehokkuus kasvaa ja työkustannukset pienenevät. Opinnäytetyön ratkaisuilla pyritään vaikuttamaan kuvassa 30 näkyviin osa-alueisiin.



KUVA 30. Työn tuloksien vaikutukset (Kuva: Metso 2016, muokattu)

Voidaan todeta työn mielekkyyden kasvavan, kun työympäristö on yksinkertainen ja esteetön. Käytännönläheinen muutostyö yhdessä asentajien kanssa lisää mielekkyyttä ja halua kehittää toimintaa jatkossa. Varastomuutokset layoutin mukaisesti poistaa turhaa liikkumista, joka on yksi Leanin seitsemästä poistettavasta hukasta.

Settilavojen uusimisella tavoitellaan tuotteiden kuljettamista Messukylästä turvallisesti ja siististi linjalle. Laadun tasoa parannettiin oikeanlaisilla ratkaisulla, kuten jakamalla settilava osiin. Lavasuunnittelussa huomioitiin työergonomiia lisäämällä protolavan alle lautta, jotta asentajan ei tarvitse kumarrella lattiatasoon saakka. Settilavojen lopullinen rakenne kehitetään lähitulevaisuudessa yhdestyössä valmistajan kanssa.

Opinnäytetyön aikana muutoksia tehtiin moottorisolun sekä varusteluruudun varastoon ja settilavoille sekä moottolinjan vaiheistuksiin. Näillä muutoksilla on tarkoitus parantaa linjan materiaalivirtausta. Tehtyjen muutosten tulokset näkyvät vasta pitkän aikavälin tarkastelussa, ja siksi yksi 5S toimenpiteistä eli seuraaminen on seuraavaksi tärkeää. Virtauksen tehostuminen sekä moottorin läpimenoajan supistuminen nähdään vasta, kun kaikkia konemalleja on valmistettu linjalla

## LÄHTEET

Elomaa, T. Lean-konferenssin aineistot. 2015. Luettu 23.9.2016. <http://www.xn--lnsi-loa.fi/kasvukraft/default.asp?sivu=40&alasivu=60&kieli=246>.

Heinonen, M. Keinänen, T. Kärkkäinen, P. 2016. Konetekniikan perusteet. 12. uudistettu painos.

Hillman, L. Kurssimateriaali. Kone- ja tuotantotekniikka- tuotannonsuunnittelu. Luettu 16.08.2016. [www.tabula.tamk.fi](http://www.tabula.tamk.fi).

Hynninen, J. Materiaali -ja varastokäsittelijä. 2016. Haastattelu 15.09.2016. Haastattelija Rivinoja, T. Tampere

Ihamäki, P. VSM. 2016. Luettu 23.9.2016. <http://www.slideshare.net/Piritalhamki/vsm-value-stream-mapping-arvovirtaus>.

Intolog-kuvasto. 2016. Niparmi sisälogistiikka Oy. Tampere:

Järvinen, T. 2015. Henkilöstöjohtamisen seminaari-Näin ei voi jatkua. Luettu 22.09.2016. [https://www.keva.fi/fi/tapahtumat/Sivut/tilaisuuksien\\_materiaaleja.aspx](https://www.keva.fi/fi/tapahtumat/Sivut/tilaisuuksien_materiaaleja.aspx).

Kaaja, E. Projekti-insinööri. 2016. Haastattelu 09.09.2016. Haastattelija Rivinoja, T. Tampere.

Karhunen, J. Pouri, R & Santala, J. 2004. kuljetukset ja varastointi- järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Helsinki: WS Bookwell Oy.

Kähkönen, M. 2016. Kesätyöntekijöiden virkistyspäivät- seminaari. Vantaa.

Laatuakatemia. 2010. Laatutyökaluja; PDCA, kalanruoto. Luettu 28.09.2016. <http://www.kotiposti.net/tuurala/>.

Lean Manufacturing Tools. 2016. Luettu 08.09.2016. <http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/>.

Logistiikan maailma. 2016. Luettu 16.08.2016. [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT\\_\(Just-in-time\)\\_ja\\_imuohjaus](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_(Just-in-time)_ja_imuohjaus).

Liker, J. 2010. Toyotan tapaan. Suom. Niemi, M. Helsinki: Readme.fi. Alkuperäinen teos 2004.

Metso Oy. 2016. Sisäinen tietokanta. Luettu 05.09.2016. <https://metso.sharepoint.com/Pages/Home.aspx>.

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Painatuskeskus Oy. Helsinki.

Modig, N. Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean – ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Rheologica publishing, Halmstad.

Moore, R. 2007. Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools. Burlington: Butterworth-Heinemann.

Motivan hankintapalvelu. 2013. Tietopankki-Työkoneet. Luettu 08.09.2016. <http://www.motivanhankintapalvelu.fi>.

Nieminen, T. Työnjohtaja 2016. Haastattelu 10.09.2016. Haastattelija Rivinoja, T. Tampere.

Nieminen, T. 2015. Pienten leukamurskainten linjakokoonpanon materiaalivirtauksen parantaminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. Tampere

Shmula LLC-What is Jidoka. 2016. Luettu 06.09.2016. <http://www.shmula.com/about-peter-abilla/what-is-jidoka/>

Tervetuloa taloon- seminaari. Tampere. 2015.

Tuominen K. 2010. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. Readme.fi. Helsinki.

Törmä, M. 2015. Lokomo- 100 vuotta konepaja- ja terästeollisuutta. Hämeen kirjapaino Oy, Tampere.

Viljanen, H. Tuotannon suunnittelija. 2016. Haastattelu 14.09.2016. Haastattelija Rivinoja, T. Tampere

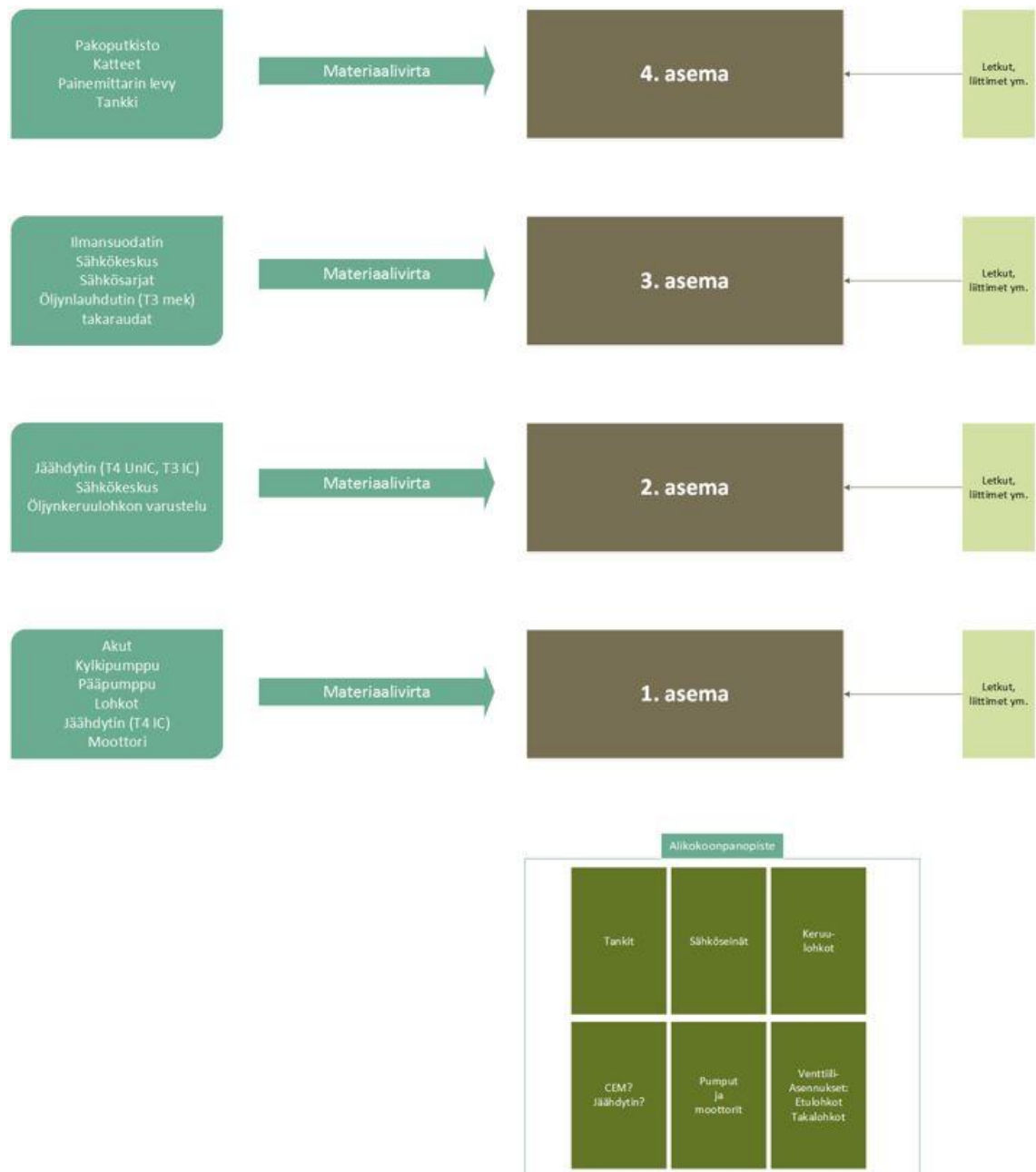
Väliranta, J. QDC. 2016. Lean-koulutus. Metso Minerals. Tampere

Waters, D. 2009. Supply Chain Management - An Introduction to Logistics. Palgrave Macmillan, Hampshire.

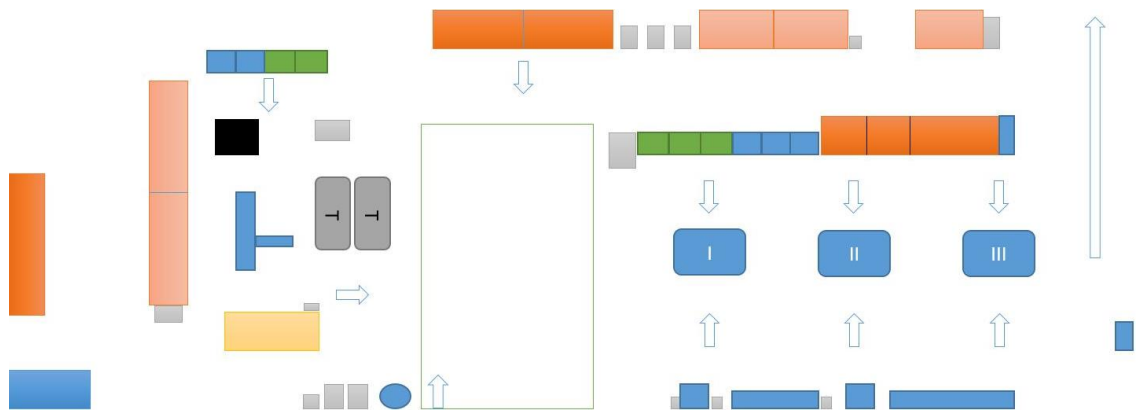
Webrosensor. Blogi-Miltä näyttää resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus. Luettu 22.09.2016. <http://www.webrosensor.fi/blogi/milta-naytaa-resurssitehokkuus-ja-virtaustehokkuus/>.

## LIITTEET

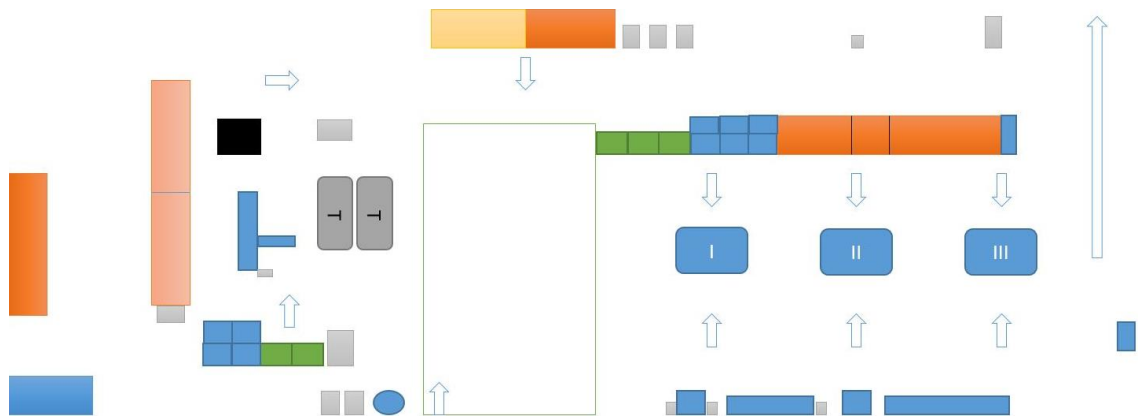
Liite 1. Moottorisolun vaiheet layoutin mukaisesti (Metso Minerals Oy)



## Liite 2. Nykyinen layout



## Liite 3. Layout -ehdotus 1





## Liite 4. Layout -ehdotus 2

